



Universidade de  
Aveiro  
2008

Departamento de Biologia

**Lia Raquel Miranda  
Moreira**

***MYTILUS EDULIS* E *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS*:  
CARACTERÍSTICAS E AQUICULTURA**



**Lia Raquel Miranda  
Moreira**

***MYTILUS EDULIS E MYTILUS GALLOPROVINCIALIS:*  
CARACTERÍSTICAS E AQUICULTURA**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Toxicologia e Ecotoxicologia, realizada sob a orientação científica do Dr. Mário Jorge Verde Pereira, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

## O júri

Presidente

Prof. Doutor António José Arsénia Nogueira  
Prof. Associado com Agregação  
Departamento de Biologia  
Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Mário Jorge Verde Pereira (Orientador)  
Professor Auxiliar  
Departamento de Biologia  
Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Ulisses Manuel de Miranda Azeiteiro (Arguente)  
Professor Auxiliar com Agregação  
Departamento de Ciências Exactas e Tecnológicas  
Universidade Aberta, Rua do Ameal, nº 752, 4200-055 Porto

## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor Mário Jorge Verde Pereira, por ter aceite ser o meu orientador, e pelo apoio ao longo deste trabalho.

À Jacinta Oliveira, pelo ânimo e entreajuda demonstrada ao longo da minha estadia em Aveiro, e pelo apoio científico fornecido.

À Dra. Fernanda Castilho e à Mestre Sónia Cerqueira, assim como a todo o pessoal do IPIMAR CRIP Norte (Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, Centro Regional de Investigação da Pesca do Norte) pelo incentivo e ajuda na realização desta dissertação.

A todos os meus colegas de mestrado, pelos conselhos e apoio dados.

A todos os meus amigos, pela compreensão e momentos de desabafo.

À minha família, por todo o encorajamento e apoio dados durante todo este trabalho.

Ao meu namorado Nuno, por todo o apoio, impulsão e compreensão ao longo do tempo.

Obrigado!

**Palavras-chave**

Mexilhão, *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, Ria de Aveiro, Aquicultura.

**Resumo**

Com o objectivo de se proceder à identificação de qual a forma taxonómica do mexilhão existente na Ria de Aveiro, do género *Mytilus spp.*, foi compilada uma série de características pelas quais se pode proceder à distinção entre as duas formas taxonómicas *Mytilus edulis* e *Mytilus galloprovincialis*, ambos existentes na Ria de Aveiro. Este trabalho apresenta igualmente como objectivo, analisar a viabilidade da implantação de uma unidade de miticultura, isto é, de aquicultura de mexilhão.

Desta forma, ao longo do trabalho, serão expostas as características através das quais se poderá distinguir as duas formas taxonómicas de mexilhão e também as várias técnicas de cultivo utilizadas globalmente na aquicultura do mexilhão.

**Keywords**

Mussel, *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, Ria de Aveiro, Aquaculture.

**Abstract**

With the objective of proceeding to the identification of which taxonomic form of the mussel *Mytilus* spp. exists in Ria de Aveiro, was compiled a series of characteristics from which it can be made the distinction between the two taxonomic forms *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*, both existing in Ria de Aveiro. This work presented also as an objective, analyze the viability of the implantation of a unit of mitiliculture, that is, of aquaculture of mussels.

In such a way, throughout the work, the characteristics will be displayed through which if it will be able to distinguish the two taxonomic forms of *Mytilus* spp from 1 and the several culture techniques used globally in the aquaculture of the mussel.

## Índice

Introdução Geral.....	3
Enquadramento.....	4
Ria de Aveiro.....	5
Aquicultura .....	10
Capítulo 1 .....	14
Introdução <i>Mytilus</i> .....	15
Caracterização morfológica de <i>Mytilus spp.</i> .....	20
Diferenciação entre <i>Mytilus edulis</i> e <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	25
Capítulo 2 .....	30
Introdução .....	31
Regime jurídico.....	34
Descrição das técnicas.....	35
CULTURA DE JANGADA ('raft culture') .....	35
CULTURA DE LONGLINE.....	37
CULTURA DE ESTACA ('bouchot' ou pole culture') .....	39
CULTURA DE FUNDO ('bottom culture').....	41
Conclusão.....	42
Perspectivas Futuras .....	46
Referências bibliográficas.....	48

## Índice de Figuras

Figura 1: Imagens de Aveiro .....	5
Figura 2: Identificação dos vários canais da Ria de Aveiro.....	6
Figura 3: Prato gastronómico de mexilhão .....	8
Figura 4: Nova Roda dos Alimentos.....	9
Figura 5: Produtos mais produzidos na aquicultura mundial.....	13
Figura 6: Respiração e Nutrição do mexilhão .....	17
Figura 7: Ciclo de vida do mexilhão.....	18
Figura 8: Morfologia do mexilhão.....	20
Figura 9: Aparelho digestivo do mexilhão.....	22
Figura 10: Sistema nervoso do mexilhão .....	23
Figura 11: a) <i>Mytilus edulis</i> ; b) <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	26
Figura 12: Cultivo em jangada .....	35
Figura 13: Cultivo em sistema de Long-line .....	37
Figura 14: Cultivo em Estaca .....	39
Figura 15: Cultivo de fundo .....	41

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação nutricional do mexilhão como o leite de vaca e dos ovos .....	10
Tabela 2: Tabela resumo das principais características para distinção .....	29
Tabela 3: Critérios de classificação das zonas de produção .....	45

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Principais produtores aquícolas .....	31
Gráfico 2: Origem da produção aquícola em quantidade e valor .....	32
Gráfico 3: Tendência de cultivo de mexilhão nos últimos anos em quantidade .....	32
Gráfico 4: Espécies mais cultivadas na União Europeia .....	33



## Introdução Geral

## Enquadramento

A aquicultura detém um papel preponderante na economia internacional devido à sua relação com a segurança alimentar a nível mundial e é de assinalar que entre os diversos recursos explorados, a produção de moluscos encontra-se em fase de crescimento.

Entre estes cita-se o mexilhão, como a espécie com maior valor económico, sendo a principal produção em vários países da União Europeia, considerando-se a Espanha o maior produtor (Cross, 2006).

Em Portugal também se produz esta espécie e de acordo com a estatística nacional, do ano de 2005, o mexilhão foi a terceira espécie mais cultivada com a produção de 276 toneladas, atrás da amêijoia com 1647 toneladas e da ostra com 522 toneladas (Direcção Geral das Pescas e Aquicultura, 2007).

O mexilhão existe na Ria de Aveiro, constituindo uma potencialidade económica para a região. No entanto, verifica-se a co-existência de duas espécies de mexilhão, *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758), comumente denominado de mexilhão vulgar e *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), denominado comumente de mexilhão do Mediterrâneo. Do ponto de vista económico, existe uma prevalência de *M. galloprovincialis*, visto que o tamanho médio desta espécie é superior ao tamanho médio de *M. edulis*, com um tempo de cultivo inferior a esta.

O objectivo deste trabalho consiste em estudar as características morfológicas do mexilhão do género *Mytilus*, nomeadamente as espécies *M. edulis* e *M. galloprovincialis*. Pretende-se definir critérios de distinção entre as duas espécies de mexilhão com base nos caracteres morfológicos, uma vez que ambas se encontram presentes na ria de Aveiro, tornando-se pertinente proceder à sua identificação expedita com vista ao seu cultivo.

Descreve-se ainda, neste trabalho, as várias técnicas existentes para o cultivo de mexilhão em aquicultura, com a finalidade de seleccionar as de maior aplicabilidade na Ria de Aveiro.

## Ria de Aveiro

A Ria de Aveiro é uma área economicamente importante para a região visto ter uma grande diversidade de biótopos e recursos associados a estes. Desta forma, desde cedo, verificou-se a exploração destes recursos naturais, quer fosse pela salinicultura, pela apanha do moliço, pela pesca de peixe e bivalves e quer pela agricultura e indústria (Figura 1).

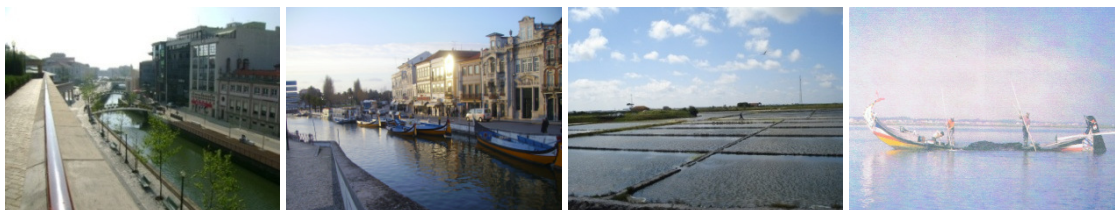


Figura 1: Imagens de Aveiro

A Ria de Aveiro é uma laguna situada na costa Noroeste de Portugal (40° 38' N, 8° 44' W) separado do Oceano Atlântico por uma restinga de areia e com o qual mantém comunicação intermitente. Esta laguna, com 45 km de comprimento e 10 km de largura, apresenta uma geografia bastante complexa e irregular, ocupando uma área de 83 km<sup>2</sup> em maré cheia e 66 km<sup>2</sup> em maré baixa, aquando em marés vivas (Dias, Fortes & Dekeyser, 1999; Dias, Fortes & Dekeyser, 2000). A laguna é pouco profunda, atingindo em média de 1 a 4 m nos canais de não navegação. Nas regiões onde ocorreu dragagens, a profundidade chega aos 8 m, como nas zonas portuárias. A Ria de Aveiro pode ser considerada um tipo de estuário fechado por barras de areia. A barra foi artificialmente aberta em 1808 e apresenta as dimensões de 1,3 km de comprimento, 350 m de largura e 20 m de profundidade (Dias, Fortes & Dekeyser, 1999).

Possui um sistema de canais com ramificações a partir do único ponto de comunicação com o mar. Assim, verifica-se a existência de quatro canais principais, sendo eles o Canal de Mira e o Canal de Ílhavo, na região sul, o Canal de S. Jacinto, na região norte e o Canal de Espinheiro, na região central da laguna, como se verifica na figura 2.

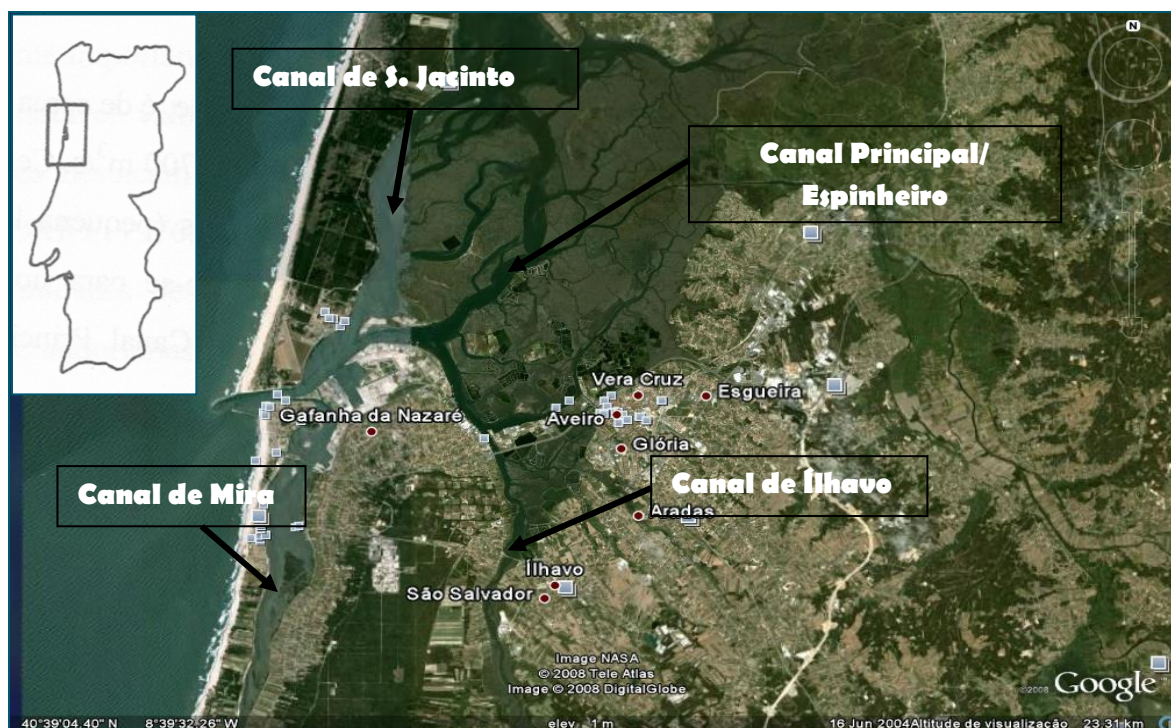
- Canal de São Jacinto – é um canal com 29 km de comprimento e 2 km de largura. É o canal mais importante em termos de largura e comprimento. Este canal corresponde à zona entre a Barra e o navio Santo André (no canal de Mira) e a Sacor (no canal Principal), prolongando-se pelo Canal de São Jacinto até à Moacha, incluindo ainda a baía de São Jacinto e a parte terminal da Cale de Ouro (embocadura).

- Canal de Mira - é um canal com as dimensões de 20 km de comprimento por 300 m de largura. Recebe um input contínuo de água doce de um pequeno sistema de lagos e rios na sua

extremidade. Este canal corresponde ao troço entre a Costa Nova (limite sul dos viveiros) e o navio Santo André.

- Canal Principal/Espinheiro – é um canal curto, com 17 km de comprimento, no qual se encontra uma rede de pequenos braços não activos. Neste canal, desembocam os rios Vouga e Antuã, sendo estes os rios que mais contribuem para o input de água doce da ria. Este canal corresponde à zona a montante da Sacor, prolongando-se no Canal de Espinheiro até à confluência com a Cale do Parrachil e no canal principal até ao Esteiro dos Romanos.

- Canal de Ílhavo – é um canal com apenas 15 km de comprimento, sendo considerado o mais curto e estreito dos canais principais. Neste canal desemboca o rio Boco, uma fonte de água doce. Este canal corresponde ao troço entre a ponte de Ílhavo e o Esteiro dos Romanos, prolongando-se pelo canal principal até ao terminal sul.



**Figura 2: Identificação dos vários canais da Ria de Aveiro**

Tem como ventos dominantes, os ventos de N e NW, com velocidade média de força 3, segundo a escala de Beaufort (Bettencourt *et al.*, 2003), escala essa que quantifica a intensidade dos ventos, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes das ventanias no mar e na terra ([http://pt.wikipedia.org/wiki/Escala\\_de\\_Beaufort](http://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort)). A temperatura média do ar é de 14,6°C, apresentando o máximo de temperatura de 30°C no mês de Agosto e o mínimo de temperatura nos meses de Inverno, de 0°C (Bettencourt *et al.*, 2003). A temperatura da água, varia entre os 8,5°C a

24,7°C, diminuindo da Barra para a extremidade dos canais (Dias, Fortes & Dekeyser, 1999). A precipitação média anual é de aproximadamente 912 mm. Os meses em que se verifica maior pluviosidade são os meses de Novembro a Março (Bettencourt *et al.*, 2003). A salinidade apresenta valores de 35.1 ‰ a 0 ‰ (Santos, 1990; Dias, Fortes & Dekeyser, 1999)

O input de água doce na Ria depende essencialmente da contribuição dos rio Vouga e Antuã, embora também receba contribuição de uma variedade de pequenos rios que afluem à Ria. O rio Vouga apresenta um caudal médio anual de 29 m<sup>3</sup>/s enquanto o caudal médio anual do rio Antuã é de 2 m<sup>3</sup>/s (Dias, Fortes & Dekeyser, 1999).

A quantidade de água doce que é descarregada na Ria, em média, por ciclo de maré ronda os 1,8x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Moreira *et al.*, 1993; Dias, Fortes & Dekeyser, 2000).

A maré é de tipo semi-diurno com uma amplitude mínima de 0.6 m (em marés mortas), e máxima da maré de aproximadamente 3.2 m (em marés vivas), correspondendo a um nível máximo e mínimo de água de 3.5 e 0.3 m, respectivamente. De acordo com estes valores, a Ria de Aveiro é uma laguna mesotidal (Dias, Fortes & Dekeyser, 2000).

A Ria de Aveiro tem uma grande importância a vários níveis por ser uma zona altamente dinâmica em termo de processos físicos e biogeoquímicos. Em volta da Ria e dos seus canais, vivem cerca de 300 000 pessoas, numa área de 11 000 ha, distribuídos pelos concelhos de Ovar, Murtosa, Estarreja, Aveiro, Ílhavo, Vagos, Mira, Águeda, Albergaria-a-Velha, Oliveira do Bairro e Sever do Vouga (AMRIA).

Assim, várias indústrias se desenvolveram ao longo das margens da Ria e com este desenvolvimento a salubridade da Ria começou a degradar-se porque servia de receptor aos efluentes das indústrias. Estes efluentes de origem diversa: agrícola, industrial e urbana levaram à contaminação da Ria, que por sua vez afectou a vida animal aí existente, como por exemplo os bivalves. Estes, são animais filtradores, que acumularam no seu interior, contaminantes químicos e microbiológicos, causadores de uma série de patologias, entre elas as hepatites e as gastroenterites (IPIMAR/CRIP Centro, 2000). Desde a década de 90, as descargas destes efluentes na Ria encontram-se sujeitos a um maior control. Apesar desta medida, a Ria ainda se encontra contaminada em alguns locais, tais foram as descargas noutros tempos. Serve de exemplo o do Complexo Industrial de Estarreja, onde ainda hoje o sedimento apresenta níveis de contaminação por mercúrio superiores aos valores máximos admissíveis (Castro *et al.*, 2006) e ainda se verifica a existência de poluição neste Complexo, o mesmo acontecendo noutros locais da Ria, resultantes de grandes descargas de efluentes contaminados no passado.

Apesar de a Ria ter sido alvo de poluição, visto ser um local com características únicas, apresenta uma grande variedade de espécies animais que dependem dela. Assim, a Ria serve de habitat a algas, peixes, crustáceos, bivalves e pássaros. Estes últimos, encontram-se protegidos pela Directiva da União Europeia (79/409/EEC), segundo a classificação: protegidos, muito protegidos ou em extinção. Estas espécies encontram-se listadas na Convenção de Berna (Conde, 2007).

Aveiro é atravessada pela Ria, tornando esta cidade num ponto turístico. Recentemente tem sido implementado um planeamento turístico, devido à grande diversidade de fauna e flora existentes ao longo da Ria. Como se trata de uma área ser tão rica, os seus recursos naturais já são há muito explorados pela população. Desta forma, entre as várias características que contribuem para fazer desta cidade um ponto turístico, salienta-se a gastronomia é uma delas. Aveiro tem como atractivo gastronómico tanto a doçaria, de que são exemplo os ovos moles, e pratos de peixe, nomeadamente a muito procurada enguia, e os de bivalves, em particular da amêijoia e do mexilhão (Figura 3).



Figura 3: Prato gastronómico de mexilhão

Nas últimas décadas, verificou-se uma mudança nos hábitos alimentares das populações. Nos países em desenvolvimento, a dieta alterou-se para o consumo de mais proteínas e vegetais, com uma redução dos cereais (aumentou o consumo per capita de carne, peixe e vegetais). Estas alterações devem-se à rápida urbanização e às transformações na distribuição alimentar. Mas também houve alteração nos hábitos alimentares nos países desenvolvidos, mudança essa caracterizada por uma maior diversidade alimentar e um consumo mais consciente dos alimentos (FAO, 2007).

Actualmente, as pessoas começaram a associar os hábitos alimentares à saúde. Vários estudos, ao longo dos últimos anos, têm demonstrado uma forte correlação entre estes dois aspectos. Desta forma, a dieta é alterada para encaixar nos padrões do que é considerado uma alimentação saudável, personificada na Nova Roda dos Alimentos (Figura 4). Muitas doenças, como é o caso da obesidade, diabetes, hipertensão e problemas cardíacos, podem ser afectadas pela alimentação, tal como outros vários factores, na sua maioria, não tão facilmente controláveis pelas próprias pessoas.



Assim, estas doenças podem ser prevenidas ou reduzido o valor de risco, evitando ingerir determinados alimentos em detrimento de outros mais saudáveis.



Figura 4: Nova Roda dos Alimentos

Os bivalves estão associados aos alimentos considerados saudáveis e completos, visto estes apresentarem uma série de elementos nutricionais essenciais para a alimentação, desde uma proporção de gorduras adequada, a fornecer vitaminas e minerais, passando pelo fornecimento de ácidos gordos ómega-3.

Uma das preocupações mais relevantes na alimentação diz respeito às gorduras e ao colesterol. Uma vez que a ingestão de gorduras saturadas estão associadas a um maior risco de doença, estas devem ser substituídas por gorduras insaturadas. Mas também é importante a proporção em que os vários tipos de gordura se encontram presentes no alimento. O mesmo se passa com o colesterol, apresentando este, várias formas, umas mais saudáveis do que outras.

Os mexilhões têm um valor nutritivo excepcional, o que os torna ideal para a dieta humana. A carne do mexilhão é rica em selénio, cálcio, ferro, magnésio, fósforo e vitaminas (A, B1, B2, B6, B12 e C). A gordura do mexilhão também é rica em ácidos gordos polinsaturados (37-48% de ácidos gordos total, principalmente n-3). Estes ácidos gordos são biologicamente importantes e têm estado associados a um decréscimo do risco de doenças cardiovascular. Tanto a quantidade de gordura como a proporção de gordura saturada, monosaturada e polinsaturados no marisco contribuem para uma dieta saudável. A carne do mexilhão contém, aproximadamente, 20-28% de calorias da gordura. A proporção de gordura polinsaturada é maior com menos gordura saturada no marisco, do que na carne vermelha e branca (Caglak *et al.*, 2007).

Na tabela 1, compara-se os valores dos vários elementos nutricionais do mexilhão com os elementos nutricionais do leite de vaca e do ovo, verificando-se uma superioridade nutritiva do mexilhão em vários elementos.

Tabela 1: Comparação nutricional do mexilhão como o leite de vaca e dos ovos

		Mexilhão fresco	Leite de vaca	Ovo
Proteína (g)		12,1	3,0	12
Gordura (g)		1,5	3,0	11,6
Hidratos de Carbono (g)		2,0	4,6	0,6
Valor energético (cal)		70	57	155
Minerais	Cálcio (mg)	56	126	45
	Fósforo (mg)	180	75	200
	Ferro (mg)	3,5	0,1	2,6
	Cobre (mg)	0,3	0,07	0,2
	Sódio (mg)	675	45	125
	Potássio (mg)	270	175	115
	Magnésio (mg)	83	12	13
	Manganésio (µg)	133	5	20
	Zinco (µg)	4100	280	520
	Cobalto (µg)	50	8	50
	Flúor (µg)	vest.	15	200
	Iodo (µg)	96	7,1	22
Vitaminas	A	1200	230	1100
	B1	100	54	110
	B2	140	138	280
	C	1,2	1	n.a.
Colesterol (mg) (valor médio)		108	13	619

(n.a. = não analisado; vest. = vestigiais)

## Aquicultura

A aquicultura desempenha um papel sócio económico preponderante e apresenta-se como uma alternativa às pescas comerciais, podendo considerar-se uma oportunidade de investimento com os recursos locais, aliviando a pressão ao meio ambiente (Focardi, Corsi e Franchi, 2005).

As definições de aquicultura são múltiplas embora nenhuma seja universalmente aceite. Segundo a definição fornecida pelo relatório da Comissão Europeia de 2002, a aquicultura consiste na “exploração ou cultura de organismos aquáticos que aplique técnicas concebidas para aumentar, além das capacidades naturais do meio, a produção dos organismos em causa; estes organismos



continuam, durante toda a fase de exploração ou cultura até, inclusivé, à sua colheita, a ser propriedade de uma pessoa singular ou colectiva”. Engloba actividades cujo objectivo principal é a produção de espécies de água doce, salobra e marinhas pelo Homem, em condições controladas ou semi-controladas (Lubet, 1994).

Assim, de uma forma mais simplificada, a aquicultura inclui actividades associadas à produção de animais e plantas aquáticas para venda e comercialização. Com este intuito, verificam-se quatro áreas principais de produção: algas, moluscos, crustáceos e peixes.

Desde os anos 70, que se começou a valorizar a aquicultura, uma vez que, dos 100 milhões de toneladas que estava calculado de que o oceano poderia fornecer, 90 milhões já teriam sido removidos pela pesca (Lubet, 1994). Assim, a aquicultura adquiriu uma importância fundamental na produção de alimento. Dada a importância da aquicultura, o conhecimento técnico e científico permitiu o seu desenvolvimento, através do entrosamento de várias disciplinas fundamentais como a biologia, a oceanografia, entre outras.

Dependendo do contexto económico onde se encontra inserida, a aquicultura apresenta uma diversidade de objectivos. Nos países industrializados, o objectivo passa pela produção de produtos de alto valor para o consumo humano, que não se obtém em quantidades suficientes pela pesca. Mas actualmente tem-se verificado um aumento na pesquisa de produtos com determinadas características, como por exemplo baixo nível de gorduras. Tem sido demonstrado vários benefícios em uma diversidade de condições médicas, quando se verifica uma dieta à base de produtos piscícolas. Nos países em desenvolvimento, verifica-se que o objectivo principal é a produção de proteína animal, que não consegue ser fornecida em quantidades suficientes pelo cultivo tradicional. Nos últimos 15 anos, a aquicultura tem sido o maior fornecedor de proteínas de peixe, tanto para países desenvolvidos como para países em desenvolvimento, com mais de ¼ de todo o peixe consumido directamente pelo Homem (Focardi, Corsi e Franchi, 2005). Além dos objectivos supra citados, a aquicultura apresenta outros, como a produção de peixe com fins lúdicos, produção de peixes ornamentais, sendo estes alguns exemplos.

A aquicultura também detém um papel importante na protecção do ambiente aquático, uma vez que as técnicas de purificação e reciclagem de água usadas em ambiente natural são baseadas nas técnicas desenvolvidas para a aquicultura (Lubet, 1994).

O rápido desenvolvimento da aquicultura, deve-se à tentativa de diminuir a lacuna actualmente existente entre a oferta e a procura de produtos piscícolas (Piedrahita, 2003; Focardi, Corsi e Franchi, 2005; Gutierrez-Wing e Malone, 2006; Matos *et al.*, 2006). O sector da aquicultura

apresenta-se, actualmente, como o sector de produção alimentar em maior expansão, com uma taxa de crescimento de 8,8%, suplantando vários sectores de produção alimentar, nomeadamente os sectores de produção de carne, cuja taxa de crescimento média anual é de 2,8% e ao sector de captura de peixe, que apresenta uma taxa de crescimento média anual de somente 1,2% (FAO, 2007). O mercado da aquicultura apresenta ainda um grande potencial para um maior desenvolvimento. Mas para conseguir alcançar tal desenvolvimento, tem de lidar com alguns problemas, principalmente respeitantes aos requisitos de protecção da saúde, ao impacto ambiental e à instabilidade do mercado (Comissão Europeia, 2002; De Schryver *et al.*, 2008; Simões *et al.*, 2008).

Actualmente, a política da UE encontra-se focada no Código de Conduta das Pescas Responsáveis, da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), onde se encontram estratégias para o desenvolvimento da aquicultura, que lidam com as estratégias de protecção do ambiente. Permite assim, que o produto de aquicultura seja um produto saudável e em quantidade requerida pelo mercado, mas sem degradar o ambiente (Focardi, Corsi e Franchi, 2005). O artigo 6.19 dos Princípios Gerais do Código de Conduta das Pescas Responsáveis designa que “ os Estados devem considerar a aquicultura, incluindo as pescas baseadas em culturas, como um meio para promover a diversificação de receitas e de dieta. Assim, os Estados devem garantir que os recursos são usados responsabilmente e os impactos adversos no meio ambiente e nas comunidades locais são minimizados.” (FAO, 1995).

Com a mudança dos hábitos alimentares, começa-se a verificar um aumento no consumo de produtos piscícolas em detrimento de outras fontes de proteínas (Subasinghe, 2005) e este aumento de consumo leva a uma intensificação da produção, alterando o método de cultivo para métodos intensivos. Estes métodos significam uma maior densidade de peixe, mais recurso a antibióticos, antifúngicos, pesticidas e desinfectante. Mas o uso de todos estes componentes pode posteriormente causar um impacto negativo no ambiente, e na saúde, através do aparecimento de problemas relacionados com a segurança alimentar (Sapkota *et al.*, 2008). Assim, verifica-se a necessidade de existir uma perspectiva integrada, que envolva a colaboração dos vários sectores nomeadamente da aquicultura, da agricultura e da segurança alimentar mas que envolva igualmente a consciencialização pública para que seja possível identificar os problemas e controlar os perigos associados a produtos aquícolas (Focardi, Corsi e Franchi, 2005).

Na panorâmica da aquicultura mundial, os produtos mais produzidos, relativamente à quantidade, são os peixes de água doce, seguido das plantas aquáticas e dos moluscos, como mostrado na figura 5. Estes também se encontram na terceira posição relativamente ao seu valor (FAO, 2007). A

produção aquícola da União Europeia contribui com cerca de 19% da produção mundial, sendo a Europa um dos principais produtores relativamente ao mexilhão (Comissão Europeia, 2006).

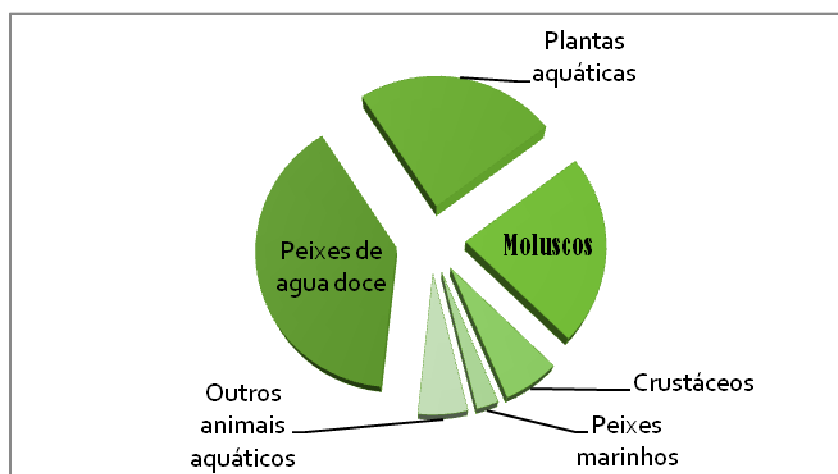


Figura 5: Produtos mais produzidos na aquicultura mundial

## Capítulo 1

### Género *Mytilus*

## Introdução *Mytilus*

Actualmente, existe uma grande indústria de cultivo de bivalves e constando entre os mais requisitados encontra-se o mexilhão. Na Europa, cultiva-se o género *Mytilus*, nomeadamente as espécies *M. edulis* e *M. galloprovincialis*.

Este género pertence à família **Mytilidae** e ao phylum MOLLUSCA (Moluscos). O género *Mytilus* é um dos géneros marinhos mais cosmopolitas, ocorrendo em estuários e habitats oceânicos, tanto em zonas intertidais como subtidais, ocupando uma diversidade de substratos e apresenta-se distribuído em todos os principais oceanos e rios do mundo. Encontra-se, na Europa, sob três formas taxonómicas (*M. edulis*, *M. galloprovincialis* e *M. trossulus*) sendo as duas primeiras espécies predominantes. Estas formas podem ser reconhecidas pela análise das características morfológicas e por marcadores genéticos (Gardner e Thompson, 2001; López *et al.*, 2002).

Estas duas espécies apresentam distribuições algo diferentes. *M. edulis* encontra-se distribuído na América do Norte e Europa, em águas temperadas a frias, enquanto *M. galloprovincialis* se encontra distribuído ao longo do Mediterrâneo extendendo-se à costa de França e do Reino Unido. As duas espécies mantêm as suas identidades genéticas relativamente distintas, principalmente porque as suas formas taxonómicas estão fisiologicamente adaptadas, e são características de diferentes províncias biogeográficas (Gardner e Thompson, 2001; Śmietanka *et al.*, 2004; Schneider *et al.*, 2005).

*M. edulis* e *M. galloprovincialis*, co-existem em algumas áreas, como as costas norte, sul e oeste da Irlanda e costas norte e oeste de França, conhecidos por hibridizar (López *et al.*, 2002; Schneider *et al.*, 2005). Assim, sabe-se que as duas espécies hibridizam na Europa Oeste entre Portugal e a província Boreal.

A taxonomia do mexilhão baseava-se somente na análise das características morfológicas, mas a morfologia da concha e as medidas mais específicas são fruto das condições ambientais do ecossistema onde se encontram. As características do mexilhão podem, de facto, ser afectadas por uma variedade de factores tanto intrínsecos como extrínsecos, nomeadamente a temperatura, a salinidade e a disponibilidade de alimento.

Um factor de grande importância na distribuição geográfica dos mexilhões é a temperatura da água, influenciando processos vitais como a respiração, alimentação, crescimento e reprodução. Uma das formas de o mexilhão reagir a altas temperaturas, é cortar o bisso e tentar afundar-se. Acontece, por vezes, que devido às bolhas presas nas conchas, os mexilhões quando cortam o bisso, em vez de se

afundarem, ficam a flutuar (Getchis *et al.*, 2004). As baixas temperaturas experienciadas no Inverno, podem contribuir para a diminuição da espessura da concha, uma vez que favorecem o aumento da solubilidade do carbonato de cálcio (Nagarajan *et al.*, 2006).

As flutuações de salinidade com que os mexilhões são deparados, acabam por alterar o seu comportamento a nível fisiológico e bioquímico, visto constituírem um factor de *stress*. Estas alterações de salinidade são muitas vezes acompanhadas por alterações no consumo de oxigénio (Gardner e Thompson, 2001). Os mexilhões, podem fechar as suas valvas, quando em baixas salinidades, e passar da sua respiração aeróbia para uma respiração anaeróbica.

Os invertebrados aquáticos, nomeadamente os mexilhões, podem sofrer, por vezes, de reduzidas pressões de oxigénio. Este facto está muitas vezes associado a cargas orgânicas da poluição. Os indivíduos do género *Mytilus*, à semelhança de outros invertebrados, conseguem ajustar a sua ventilação e taxa de circulação sanguínea, mantendo um nível fixo de consumo de oxigénio apesar das alterações de oxigénio no ambiente envolvente. É por isso denominado de espécie reguladora. Estas espécies, não conseguem regular ilimitadamente a baixas pressões, havendo um valor ao qual o consumo de oxigénio deixa de ser fixo e passa a ser em função da pressão de oxigénio do meio ambiente. Este valor denomina-se de pressão crítica, e no caso de *Mytilus* é de  $75 \text{ mL g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Mas o oxigénio em excesso pode ser tão prejudicial como no caso de deficit. Quando existe oxigénio a mais, verifica-se a formação de radicais livres de oxigénio, ou superóxidos, que podem desnaturar macromoléculas, principalmente proteínas. Assim, para tentar defender-se da toxicidade causada por estes radicais livres, os mexilhões possuem um enzima, superóxido dismutase, que tem a capacidade de eliminar os radicais livres. Possuem também o enzima catalase, que elimina o peróxido de hidrogénio gerado pela superóxido dismutase.

De acordo com Giufrida *et al.* (2003), as principais funções vitais dos mexilhões como a nutrição, a respiração, e a excreção, são baseadas na filtração (Figura 6). Assim, os mexilhões são filtradores e alimentam-se de matéria em suspensão e fitoplâncton (Wong e Levinton, 2004). As brânquias encontram-se muito desenvolvidas e são usadas tanto para a respiração como para a alimentação.

A actividade de filtração está condicionada por uma variedade de condições ambientais, fazendo com que a ingestão das partículas presentes na água esteja assim, condicionada. Uma vez dentro do bivalve, uma fracção do particulado é retido nas brânquias, sendo posteriormente englobado pelo muco, para que seja transportado para os palpos labiais. Nos palpos labiais, o particulado é então seriado de acordo com o tamanho e com a quantidade de alimento ingerido, uma porção do particulado é rejeitado para a cavidade paleal sendo posteriormente eliminado para o exterior, sob a forma de pseudo- fezes. A porção restante é encaminhada para a boca. As partículas que são

ingeridas pela boca, seguem em direcção ao estômago, onde sofrerão a acção de uma série de enzimas extra-celulares, os quais se encontram no estilete cristalino, uma bolsa onde são armazenados os enzimas que irão auxiliar a digestão.

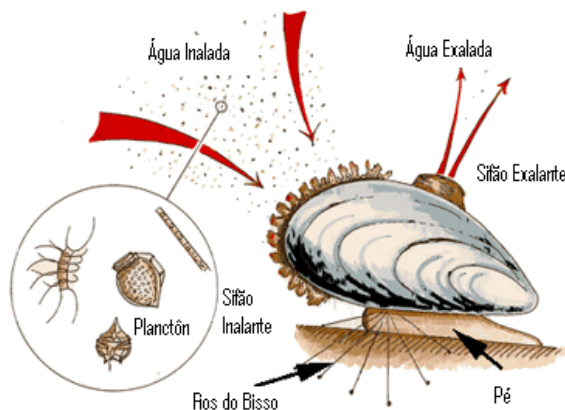


Figura 6: Respiração e Nutrição do mexilhão (adaptado de [www.weichtiere.at/english/bivalvia/common\\_mussel.html](http://www.weichtiere.at/english/bivalvia/common_mussel.html))

O mexilhão possui a capacidade de assimilar e seleccionar uma grande variedade de tipos de alimentos, devido à sua adaptação e regulação a diferentes alimentações e condições ambientais, através das várias estratégias morfológicas e ecológicas (Wong e Levinton, 2004).

Verifica-se uma selecção das partículas filtradas pelo mexilhão. Esta selecção diferencial pode influenciar a filtração, uma vez que o valor nutricional vai depender tanto da abundância de diversas partículas, como da concentração total das partículas. Segundo Defosse e Hawkins (1997), o tamanho das partículas é um critério significativo pelo qual as partículas são preferencialmente rejeitadas como pseudo-fezes anteriormente à ingestão. Os bivalves da família *Mytilidae*, possuem a capacidade de ingerir partículas pequenas, mas a sua eficácia decresce quando estas apresentam um tamanho inferior a 2  $\mu\text{m}$ . Num trabalho posterior, este mesmo autor mostrou que os mexilhões conseguem filtrar partículas com tamanhos compreendidos entre 1 e 150  $\mu\text{m}$ , através da filtração de partículas de grafite.

É necessário notar, que o séston, conjunto de todas as partículas orgânicas ou não, que se encontram na coluna de água, pode ou não estar todo disponível como alimento. Os mexilhões não conseguem filtrar em todas as suspensões, havendo valores a partir dos quais cessam a alimentação. Normalmente é de cerca de 0,5 Chl  $a \text{ m}^{-3}$ , embora este valor seja variável (Strohmeier *et al.*, 2008).

Vários factores afectam o crescimento do mexilhão, mas este é essencialmente dependente da quantidade de alimento ingerido, o que vai ser dependente da disponibilidade de alimento e da taxa de filtração. Mas a disponibilidade de alimento vai, por seu lado, depender da concentração,

composição e taxa de transporte do séston. Esta disponibilidade de alimento está associada à dinâmica do fitoplâncton (Strohmeier *et al.*, 2008).

Verifica-se no mexilhão, variações nas taxas de ingestão. Estas variações podem ser devidas ou à adaptação às diferenças quantitativas e qualitativas do séston ou à variação genética. O mexilhão, consoante as condições de alimentação que se encontra sujeito, pode modificar os seus traços morfológicos. Assim sendo, estas alterações podem durar vários meses (Camacho *et al.*, 1995).

Quando o mexilhão se encontra num local com recursos alimentares impróprios, uma vez que as condições são desfavoráveis, se ainda na fase larvar, verifica-se uma redução da taxa de crescimento e um atraso no desenvolvimento larvar (Fotel *et al.*, 1999).

Considerando-se que os mexilhões são animais sedentários, a forma que têm de aumentar a sua densidade é através do crescimento e da reprodução (Nagarajan *et al.*, 2006).

O crescimento do mexilhão é sazonal, sendo rápido na Primavera e no Verão e lento ou mesmo ausente no Inverno. Este facto acontece pois, segundo Boyden (1972), os principais factores dos quais o crescimento depende, é a temperatura e a disponibilidade de alimento. Sucede que durante o Inverno, a temperatura desce, bem como a abundância de alimento, fazendo com que se verifique uma quase ausência de crescimento no mexilhão. Durante a Primavera e Verão, verifica-se o contrário, uma vez que as altas temperaturas provocam o aumento da taxa de alimentação, aumentando o crescimento do mexilhão (Camacho *et al.*, 1995).

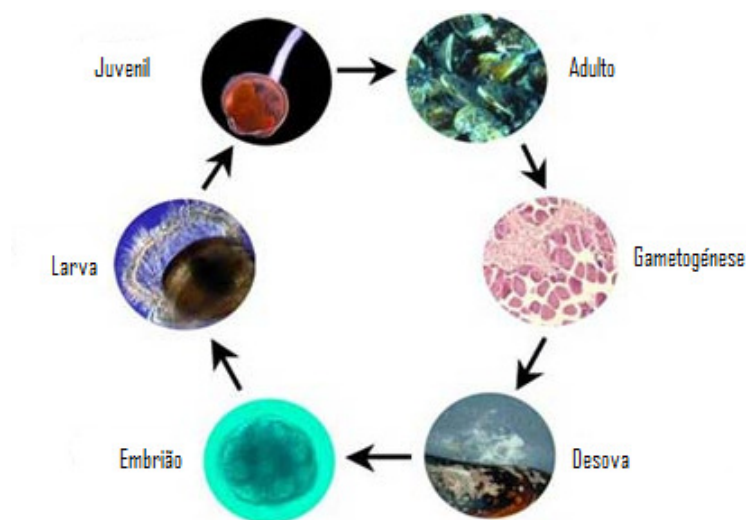


Figura 7: Ciclo de vida do mexilhão (adaptado de [www.ridge2000.org](http://www.ridge2000.org))

A gametogénese inicia-se pouco depois do crescimento e da maturação das gónadas (Figura 7). Esta maturação está sujeita a uma variedade de factores tanto exógenos (temperatura, profundidade



abundância e disponibilidade alimentar, entre outros) como endógenos (genética, hormonal entre outros) (Mackie, 1983).

A gametogénese ocorre geralmente no Inverno, dando-se a postura na Primavera, se bem que esta gametogénese está mais uma vez relacionada com a temperatura e a disponibilidade de alimento, assim como de outras condições ambientais. Verifica-se uma certa discordância nos vários autores relativamente às épocas de postura. Segundo alguns autores, só se realiza uma época de postura, ocorrendo na Primavera / Verão. Mas alguns autores referem uma segunda época de postura, embora em menor escala durante o Outono. Pela literatura verifica-se, que estas épocas de posturas vão depender da localização espacial, pois as posturas estão associadas à temperatura da água. Assim, em determinados locais verifica-se uma época de postura enquanto noutros locais verificam-se duas épocas de posturas dentro da mesma espécie.

Relativamente à fixação, verifica-se um desacordo entre os vários autores. Alguns indicam uma única fixação, e outros autores indicam uma fixação inicial enquanto no estado velígera e uma fixação posterior já em substrato definitivo. Segundo estes últimos autores, as larvas fixam-se a substratos filamentosos nomeadamente algas. Quando atingem determinado tamanho, soltam-se do seu substrato filamentoso e fixam-se ao substrato definitivo, podendo este ser entre outros, rochas e outros mexilhões.

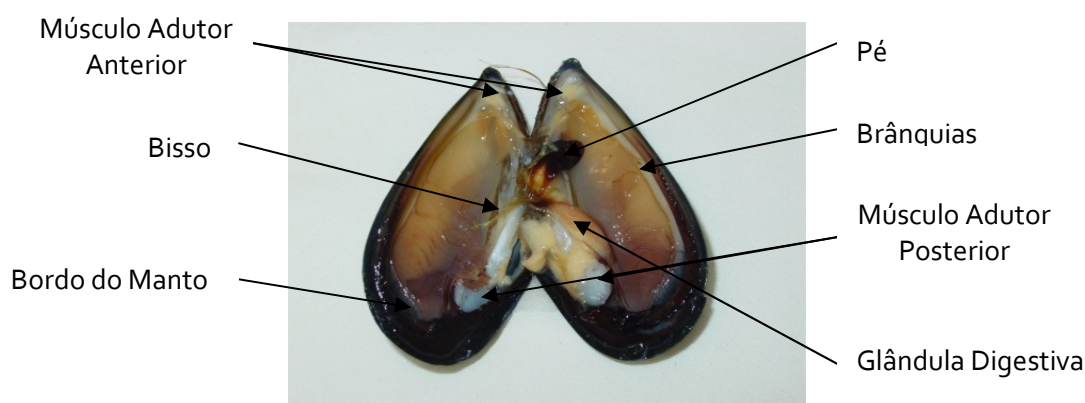
Por vezes, quando o substrato não é o mais indicado, os mexilhões rompem os seus fios do bisso e migram, por acção das marés, até encontrarem o substrato mais indicado. Os mexilhões fixam-se ao substrato através dos fios do bisso. Estes são secretados por um conjunto de glândulas bissogénicas que se localizam no interior do pé.

## Caracterização morfológica de *Mytilus* spp.

As espécies *M. edulis* e *M. galloprovincialis* apresentam semelhanças e diferenças, sendo as semelhanças derivadas, na sua maioria, de pertencerem ao mesmo género.

O mexilhão, como molusco bivalve, é geralmente descrito como um animal que não apresenta esqueleto interno e tem o corpo encerrado numa concha, de duas partes iguais, as valvas, unidas por um ligamento (Camacho, 1991).

O corpo é formado por dois lóbulos simétricos e o manto do qual sobressai o pé. A concha fecha sob a acção dos músculos adutores, principais constituintes do sistema muscular. Entre o manto e a massa visceral, encontram-se as brânquias, responsáveis pela respiração e captura de alimento.



**Figura 8: Morfologia do mexilhão**

A concha é formada por duas valvas iguais, unidas por um ligamento, que se articula por meio de uns pequenos dentes, que formam a charneira. Na parte anterior do mexilhão, localiza-se o umbo, que corresponde ao extremo pontiagudo da concha. A superfície externa apresenta uma cor, que está dependente da espécie em questão. Esta superfície aparece frequentemente coberta por numerosos organismos, principalmente balanos ou cracas. A face interna é de cor violácea e de aspecto nacarado, nela podem distinguir-se os pontos de inserção dos diferentes músculos. A concha é composta fundamentalmente de cristais de carbonato de cálcio incrustados numa matriz proteica, denominada conquiolina, e está recoberta na superfície externa por uma fina película de cor, também, de natureza proteica, perióstraco. As valvas unem-se através do ligamento, de conquiolina, que devido à sua elasticidade, é responsável pela abertura da concha (Camacho, 1991).

O manto encontra-se a cobrir o corpo do mexilhão, que é formado por dois lóbulos, cobrindo cada um deles uma parte do corpo, unindo-se do extremo anterior ao posterior ao longo da linha dorsal.

Na zona posterior, os lóbulos formam um orifício de saída de água, o sifão exalante, e ficam livres na zona ventral, permitindo a entrada de água nas brânquias e a saída do pé e do bisso. O manto apresenta uma cor variável, dependendo do sexo e recobre a parte interna da concha e o seu bordo, pregueado e de cor escura, une-se ao bordo da concha por meio dos músculos. O manto apresenta como papel essencial a formação da concha e da secreção do ligamento. Nos mexilhões adultos, também intervém na reprodução ao localizar-se na maior parte do tecido gonadal, o que determinará o seu aspecto carnoso e a sua coloração, laranja avermelhada nas fêmeas e esbranquiçada nos machos (Camacho, 1991).

O pé é um órgão musculoso, de cor laranja avermelhado, em forma de língua. Está localizado por baixo da massa visceral sendo percorrido longitudinalmente, na sua parte ventral por um canal que termina numa espécie de ventosa. No extremo posterior do pé encontra-se a glândula secretora do bisso, que é formada por uma série de filamentos, de natureza proteica, terminados em pequenos discos adesivos, com os quais o mexilhão se fixa (Camacho, 1991).

O sistema muscular do mexilhão é constituído por vários músculos: dois músculos adutores, o anterior e o posterior, de tamanhos distintos, que unem as valvas entre si, sendo os responsáveis pelo fecho da concha, em oposição ao ligamento; os músculos do pé e os retratores do pé e do bisso que são responsáveis, respectivamente, por esticar e encolher o pé e retraindo o pé dentro da concha permitindo, com a ajuda da ventosa, os movimentos do mexilhão; os músculos paleais, que unem a concha com o bordo do manto estando especialmente desenvolvidos na parte posterior ventral (Camacho, 1991).

As brânquias são duas estruturas laminares presentes na câmara paleal, situada esta entre o corpo e o manto, sendo formadas por um conjunto de filamentos que deixam entre si numerosos poros. As brânquias dividem a cavidade paleal numa parte mais externa situando-se entre as brânquias e o manto dando origem à câmara inalante e outra mais interior, delimitada pelo lado interno das brânquias, a câmara exalante. Cada um dos filamentos une à massa visceral pela sua parte central, formando uma espécie de W em que ambos os extremos ficam livres. As zonas ascendentes e descendentes que cada lado dos filamentos unem-se entre si em três pontos mediante expansões do tecido branquial. Têm como função a respiração e a captura das partículas presentes na água, que servem de alimento ao mexilhão (Camacho, 1991).

O sistema digestivo inicia-se na boca, sendo esta uma abertura transversal localizada na parte anterior do corpo rodeada por dois pares de palpos labiais, seguindo-se um curto esófago e o estômago e é formado por um grande saco contendo no seu interior um bastonete transparente, o estilete cristalino, o qual é feito girar através dos cílios presentes na parede do estômago. Do

estômago sai por um lado dois condutores que se ramificam, formando assim a glândula digestiva, e por outro o intestino, terminando no ânus, junto ao sifão exalante (Camacho, 1991). A morfologia do sistema digestivo encontra-se esquematizada na figura 9.

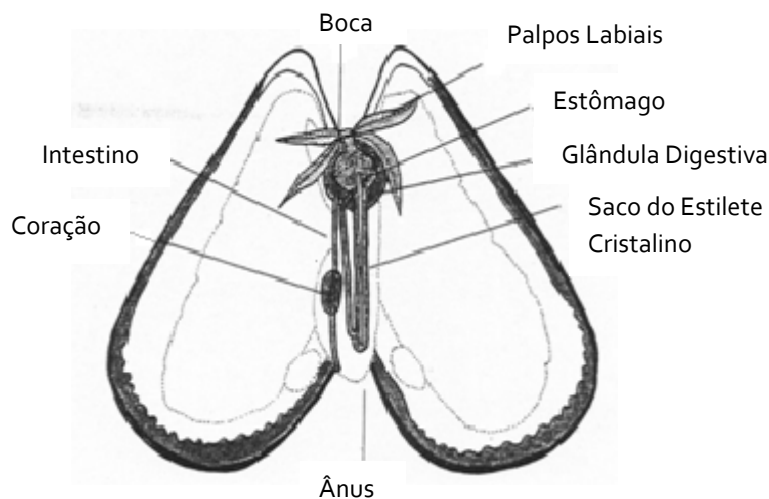


Figura 9: Aparelho digestivo do mexilhão (segundo Camacho, 1991)

O aparelho circulatório tem como função distribuir por todo o corpo o oxigénio e alimento e recolher o anidrido carbónico e produtos de excreção. É constituído pelo coração, sistema arterial e sistema venoso. O coração, é formado por um ventrículo e duas aurículas, e localiza-se na região dorsal rodeado por uma membrana transparente, o pericárdio. Do coração saem duas artérias, uma anterior outra posterior, ramificando-se por todo o corpo e terminando numa série de seios lagunares, dos quais partem as veias que levam o sangue às brânquias. Aqui o sangue oxigena-se e segue para o coração. O sangue contém um pigmento respiratório, a hemocianina, e uma células de grande tamanho, os amebócitos, que são capazes de fagocitar partículas alimentares e de transportar por todo o corpo. O sangue dos mexilhões é incolor (Camacho, 1991).

Nos mexilhões o aparelho excretor é constituído pelas glândulas pericárdicas e dois rins. Este aparelho apresenta uma forma em U e está localizado por baixo da cavidade pericárdica onde desemboca a cavidade paleal, que se situa perto do músculo adutor posterior, através dos poros urinários. Os produtos da excreção são eliminados parcialmente pelas glândulas pericárdicas, vertendo directamente na cavidade pericárdica, seguindo para os rins onde se completa a excreção e a sua eliminação para o exterior (Camacho, 1991).

O sistema nervoso é do tipo ganglionar, integrando três pares de gânglios, os cerebrais, os viscerais e os pediais, ligados entre si e estendendo-se por todo o corpo. Este sistema é descentralizado, sendo que a resposta a diversos estímulos realiza-se a nível local ou ganglionar. Os gânglios cerebrais encontram-se por baixo do esófago, em ambos os lados da boca, os viscerais debaixo do

músculo adutor posterior e os pediais na base do pé (Camacho, 1991), encontrando-se esquematizados na figura 10.

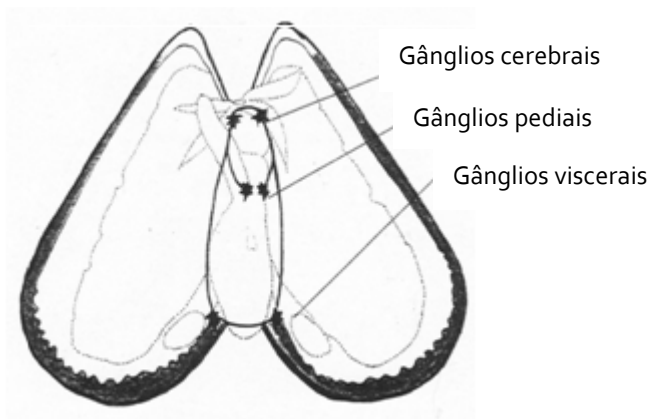


Figura 10: Sistema nervoso do mexilhão (segundo Camacho, 1991)

Os mexilhões têm os sexos separados, embora sejam conhecidos casos de hermafroditismo. Não apresentam dimorfismo sexual e a proporção de machos e fêmeas na população é similar, com as fêmeas a serem ligeiramente mais numerosas do que os machos (Mackie, 1983).

A reprodução é sazonal. As posturas ocorrem na Primavera e Verão tardio em resposta ao aumento da temperatura e salinidade da água assim como também ao aumento do alimento disponível.

A cor das gónadas permite a distinção dos sexos nos mexilhões, sendo que nos machos apresentam geralmente uma cor branca, enquanto nas fêmeas, as gónadas são alaranjadas (Yeats *et al.*, 2008). As gónadas são em número de dois mas tão próximas que parecem uma só, alojando-se no interior de uma bolsa, que se localiza na parte posterior do pé.

A fecundação é externa, sendo que as fêmeas libertam milhares de ovos que são fecundados pelos espermatozóides que são libertados pelos machos simultaneamente. Seguidamente, dá-se origem a uma larva, que sofre um processo de crescimento, passando por várias fases, até atingir o estado adulto. Nos mexilhões, pertencentes à família *Mytilidae*, o desenvolvimento embrionário é relativamente rápido.

A postura é sincronizada devido à libertação junto com os gametas, de uma substância chamada de “gamonas” que estimulam a desova dos mexilhões contíguos. A fêmea liberta uma grande quantidade de óvulos, podendo atingir os 12 milhões de gametas por época de postura. Estes óvulos são então fertilizados pelo esperma libertado pelos machos.

Os mexilhões apresentam um desenvolvimento larvar rápido. Apresenta a fase larvar planctônica. Após 24h da fecundação, a larva apresenta-se no estágio de trocófora. Esta larva está recoberta por

cílios. Nesta fase começa a ocorrer a diferenciação do trato digestivo. Ainda não é funcional e não se alimenta. Após 48h da fecundação, isto é, somente 24h após o estado de trocófora, atinge o estágio de larva D, secretando nesta fase uma concha univalva e começa também a diferenciação do trato digestivo. No estágio de larva velígera continua-se a verificar a diferenciação interna. O tubo digestivo já se encontra diferenciado em esófago, estômago com o saco do estilete cristalino e intestino em U. Já apresenta concha bivalva secretada pela glândula conchífera e posteriormente secretada pelo manto. A glândula digestiva aumenta de tamanho, apresentando dois lóbulos, mas permanecendo restrita à parte esquerda do estômago, ligada por um canal. O pé começa a diferenciar-se. Começa a alimentar-se exogenamente, através da retenção de partículas alimentares, graças ao velo, por um mecanismo muco-ciliar. Quando atinge finalmente o estágio de pediveliger, o trato digestivo já se encontra diferenciado. O pé finaliza o seu desenvolvimento, tornando-se funcional. O velo começa a regredir. Nesta fase, a glândula digestiva já se desenvolveu completamente (Lubet, 1994).

Em seguida ocorre a metamorfose, que envolve poucas mudanças na anatomia do sistema digestivo. Começam-se a desenvolver novos órgãos para a locomoção, respiração e alimentação. Aparece o bisso e inicia a sua vida bentónica. Os filamentos branquiais desenvolvem-se e a cavidade paleal começa a desenvolver a sua actividade. Verifica-se o desenvolvimento dos palpos labiais. Todas as transformações necessárias para passar de vida pelágica a vida bentónica, provocam um cessar da alimentação, por um período de tempo, fazendo com que as larvas dependam das suas reservas energéticas. Se as reservas não forem suficientes, não se verifica a metamorfose. Quando no estado de larva velígera, esta já possui uma protoconcha e tem início a sua fixação (Lubet, 1994).

## Diferenciação entre *Mytilus edulis* e *Mytilus galloprovincialis*

Actualmente existem em cultivo várias espécies de mexilhão, embora na Europa só se registe o cultivo de duas delas, ambas do género *Mytilus*. Assim, verifica-se a necessidade de se proceder à diferenciação entre o *M. galloprovincialis* e *M. edulis*.

Encontra-se em discussão, há já algum tempo, se se trata de duas espécies distintas ou se de uma espécie e de uma sub-espécie de *M. edulis*. Até aos dias de hoje ainda não se conseguiu chegar a um consenso, visto ambas as espécies serem muito similares, apresentando embora com algumas características distintas. Para aumentar ainda mais a discussão, estas duas formas encontram-se muitas vezes a coexistir e a hibridizarem entre si em áreas amplas. Já foram realizados vários estudos na tentativa de esclarecer esta dúvida. Estes estudos basearam-se numa multiplicidade de características do mexilhão, como é o caso da morfologia, da fisiologia, da genética, entre outras. Assim, irão ser referidas, a seguir, as características mais significativas para distinção destas duas espécies.

Numa primeira instância, verifica-se uma distinção em termos de distribuição das duas formas, visto *M. edulis* ser encontrado em águas temperadas desde Portugal até ao Mar do Norte, enquanto *M. galloprovincialis* encontra-se distribuído em águas com temperaturas mais elevadas como é o caso do Mediterrâneo e costa Atlântica (Neira, 1990; Camacho, 1991).

A nível morfológico existem várias características pelas quais se pode avaliar a distinção de ambas as espécies.

Relativamente à concha de *M. galloprovincialis*, esta apresenta um tamanho médio superior à de *M. edulis*, com um tamanho médio de 5 a 8 cm (<http://www.fao.org/fishery/species/3529/en>), enquanto *M. edulis* tem um tamanho médio de 3 a 5 cm (<http://www.fao.org/fishery/species/2688/en>). Esta diferença de tamanho leva igualmente a uma diferença relativamente à relação altura/comprimento, sendo esta maior em *M. galloprovincialis*. A altura máxima das valvas de *M. edulis* quando em perfil transversal, encontra-se em posição média, enquanto em *M. galloprovincialis* se encontra mais próxima do bordo ventral, pelo que tende a ser mais plano na base ventral. Estas características levam a uma forma da concha ligeiramente distinta entre as duas espécies. Assim, verifica-se que devido a esta característica as conchas tendem a ser mais altas e pesadas em *M. galloprovincialis*, do que no *M. edulis* (López, 1992),



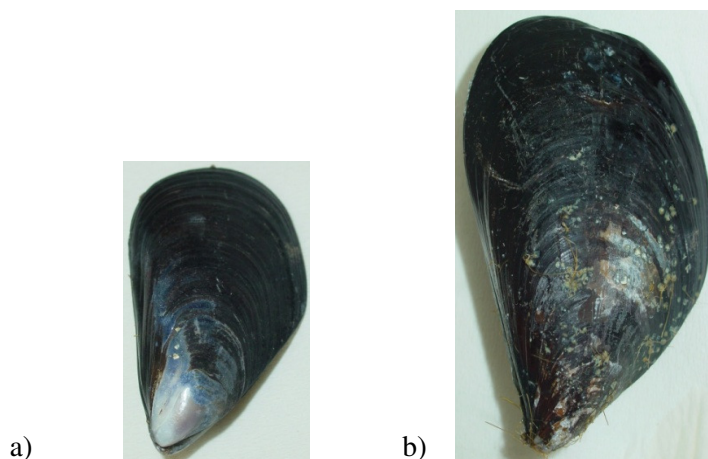


Figura 11: a) *Mytilus edulis*; b) *Mytilus galloprovincialis*

Apresentam também uma diferença a nível do umbo, sendo este mais pontiagudo, mais agudo e curvo em *M. galloprovincialis*, e mais arredondado em *M. edulis*. Estas diferenças entre as duas espécies leva a que a charneira também possua diferenças, sendo assim a charneira em *M. galloprovincialis* menor do que no *M. edulis* (Neira, 1990; López, 1992; Camacho, 1991).

Existem autores que consideram os dentes cardinais uma característica passível de distinguir as duas espécies de mexilhão sendo o número de dentes em *M. galloprovincialis* 3 ou menos, e no *M. edulis* 4 ou mais dentes cardinais. Esta característica pode ser dúbia, pois em ambas as espécies o número de dentes tende a aumentar com a idade (López, 1992).

Também, o formato da concha de *M. edulis* é mais angular, enquanto em *M. galloprovincialis* é mais arredondado. Ainda na concha, quando nos referimos a *M. edulis*, por vezes existem estrias longitudinais de cor púrpura, encontrando-se estas ausentes em *M. galloprovincialis* (Neira, 1990; López, 1992; Camacho, 1991).

Relativamente ao bordo do manto, este exhibe cor castanha em *M. edulis* e cor púrpura negra em *M. galloprovincialis* (Neira, 1990; López, 1992; Camacho, 1991).

Uma outra diferença relevante na distinção das duas formas taxonómicas é a impressão do músculo adutor anterior, que, para indivíduos de igual tamanho tende a ser menor em *M. edulis*. Neste, esta impressão tende a estar na posição paralela ao bordo ventral, enquanto em *M. galloprovincialis* esta impressão diverge do bordo ventral (Neira, 1990; López, 1992; Camacho, 1991).

A nível fisiológico verificam-se várias características, que auxiliam a distinção.



Verifica-se uma diferença nestas duas formas taxonómicas respeitante à altura da desova, uma vez que *M. edulis* desova entre Maio e Junho enquanto *M. galloprovincialis* desova entre Julho e Agosto (López, 1992). Apresentam também uma diferença na duração do repouso sexual, sendo curto em *M. galloprovincialis* e mais longo em *M. edulis* (Neira, 1990).

As duas formas taxonómicas variam a temperatura à qual o consumo de oxigénio decresce, sendo este valor de 20°C para *M. edulis* e de 25°C para *M. galloprovincialis* (Neira, 1990).

Relativamente ao ritmo cardíaco à mesma temperatura, este é superior em *M. edulis* (Neira, 1990).

A tolerância às alterações de temperatura varia de espécie para espécie. Por exemplo, segundo López *et al.* (2002), *M. edulis* é termicamente mais sensível do que *M. galloprovincialis*.

Outro factor igualmente importante é a salinidade. Os mexilhões são sensíveis a alterações de salinidade. Este factor, tal como a temperatura também afecta o crescimento. Quando analisaram a gradiente de salinidade, do mais para o menos salino, verificaram um declínio do tamanho e da biomassa do mexilhão. Regista-se igualmente, uma diferença da concha em ambientes com diferentes valores de salinidade. Assim, os mexilhões de ambientes menos salinos têm conchas mais finas e fracas. O conteúdo de carbonato de cálcio da concha é mais alto em ambientes com maior salinidade (Śmietanka, 2004). É de notar que *M. galloprovincialis* tolera valores de salinidade mais elevados do que *M. edulis*.

Outra forma que possibilita a distinção é a taxa de infestação pelo parasita *Pinnotheres* spp. que apresenta uma percentagem de aproximadamente 30% em *M. edulis* e de menos de 2% em *M. galloprovincialis* (López, 1992).

A taxa de crescimento é outra forma de distinguir as duas espécies visto *M. galloprovincialis* apresentar uma taxa 4 vezes superior à de *M. edulis* (López, 1992).

No que diz respeito à análise genética foram testados alguns *loci* alozímicos através do qual se pode proceder à distinção, uma vez que estes apresentam diferentes frequências de acordo com a *loci* em questão. Deste modo, os genes enzimáticos analisados que possibilitam esta distinção são: Leucina aminopeptidase-1 (Lap-1), Esterase-D (Est-D) e Fosfoglucoisomerase (Pgi) (Neira, 1990); López, 1992).

Uma outra técnica é através da análise do DNA mitocondrial, uma vez que o mexilhão do género *Mytilus* spp possui um complexo de dois genomas mitocondriais (fêmea e macho) para análises biogeográficas de populações. O genoma feminino (F) encontra-se presente nos dois sexos, sendo transmitido por linhagem materna enquanto o genoma masculino (M) está quase exclusivamente

em machos e é transmitido por linhagem paterna. Por apresentarem diferentes proporções destes genomas, este sistema permite distinguir as duas formas e os seus híbridos (Śmietanka, 2004)

Estas duas formas taxonómicas apresentam diferenças a outros níveis, como é o caso da ultra-estrutura dos espermatozóides e padrões electroforéticos das proteínas do músculo adutor posterior.

Com a análise da variação dos aloenzimas, foi fornecida informação adicional importante para a diferenciação das várias espécies de mexilhão. Com recurso aos aloenzimas, verificou-se que realmente existe hibridação entre as duas formas taxonómicas *Mytilus edulis* e *Mytilus galloprovincialis*. Foram inferidas evidências da actuação de selecção em alcinhas, da correlação da variação genética com a variação de factores ambientais como a temperatura e a salinidade entre outros.

Estas informações serviram para auxiliar o debate que se tem verificado à volta da legitimidade das espécies taxonómicas. McDonald *et al.*, em 1990, concluíram um estudo a nível mundial, no qual usaram uma série de técnicas estatísticas para discriminar grupos do género *Mytilus*, com base nas características morfológicas e aos aloenzimas. Os seus resultados demonstraram que (1) as populações de *M. edulis*, *M. galloprovincialis* e *M. trossulus*, constituem cada, uma população homogénea; (2) cada grupo mantém uma genética e um fenótipo único ao longo de uma distribuição praticamente mundial; (3) devido a estes fenótipos únicos, justifica-se o estatuto de espécies para cada uma; (4) ocorre hibridação quando duas espécies entram em contacto uma com a outra.

Encontra-se, na tabela 2, as principais características distintivas das duas formas taxonómicas.

Tabela 2: Tabela resumo das principais características para distinção

	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
<b>Distribuição</b>	Desde Portugal até ao Mar do Norte	Mediterrâneo e costa Atlântica
<b>Morfologia</b>		
<b>Tamanho</b>	3 a 5 cm	5 a 8 cm
<b>Relação altura/comprimento</b>	Menor	Maior
<b>Altura máxima das valvas</b>	Posição média	Posição mais próxima do bordo ventral
<b>Umbo</b>	Arredondado	Pontiagudo, agudo e curvo
<b>Charneira</b>	Maior	Menor
<b>Dentes Cardinais</b>	4 ou mais	3 ou menos
<b>Formato da Concha</b>	Arredondado	Pontiagudo
<b>Estrias Longitudinais de Cor Púrpura</b>	Presentes	Ausentes
<b>Cor do Bordo do Manto</b>	Castanha	Negra púrpura
<b>Impressão do músculo adutor anterior</b>	Menor	Maior
<b>Fisiologia</b>		
<b>Desova</b>	Entre Maio e Junho	Entre Julho e Agosto
<b>Duração do repouso sexual</b>	Longo	Curto
<b>Ritmo cardíaco à mesma temperatura</b>	Superior	Inferior
<b>Tolerância a alterações de temperatura</b>	Sensível	Mais tolerante
<b>Tolerância a altos valores de salinidade</b>	Sensível	Mais tolerante
<b>Taxa de infestação pelo parasita <i>Pinnotheres spp.</i></b>	30%	< 2%
<b>Genética (frequência alélica)</b>		
<b>Alelo 90 Est-D</b>	88-95%	1-5%
<b>Alelo 100 Est-D</b>	1-6%	94-95%
<b>Alelo 100 Lap-1</b>	3-6%	73-82%
<b>Alelo 108 Lap-1</b>	43-61%	0%

## Capítulo 2

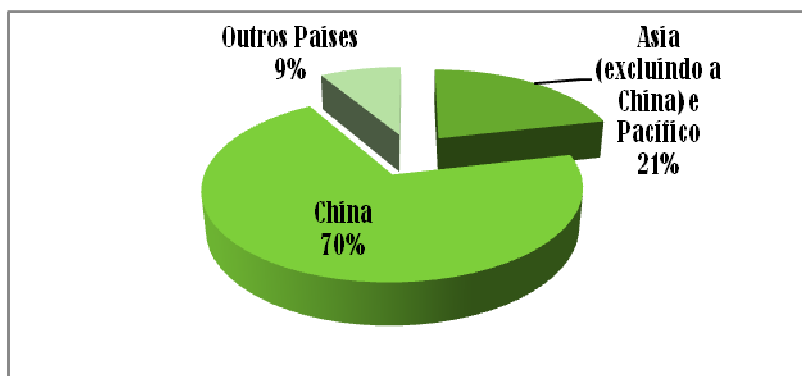
### Aquicultura

## Introdução

Foi no séc. XIII, em França, com o cultivo do mexilhão, que a Europa despertou para a aquicultura. Reza a história, que um irlandês de nome Patrick Walton, em 1235, naufragou na baía de Aguillon e, sendo o único sobrevivente tratou de capturar pássaros para se alimentar com a ajuda de uma rede estendida sobre o nível da preia-mar e cujo suporte eram grandes estacas enterradas na areia. Verificou que, nestas estacas se fixavam pequenos mexilhões, cujo crescimento e qualidade eram superiores aos dos mexilhões selvagens. Assim, passou a fomentar esta fixação e a controlar o crescimento dando origem à cultura desse bivalve (Santos, 1990).

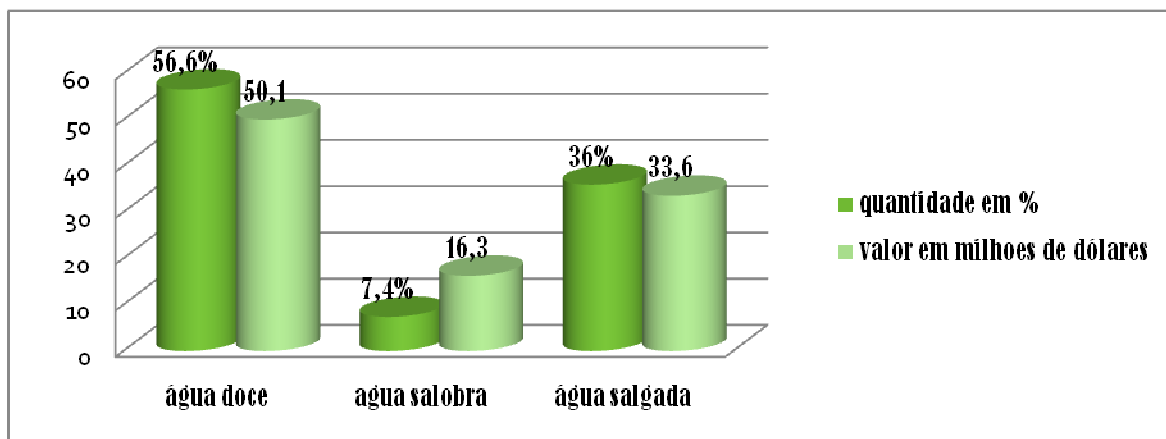
Nas últimas décadas, a aquicultura de peixes, crustáceos e moluscos tem sofrido um aumento considerável de produção, passando de 3,9% de produção total em peso em 1970, para 27,1% em 2000 e 32,4% em 2004 (FAO, 2007). De acordo com os dados fornecidos pela FAO (2007), os países asiáticos e da região do Pacífico, são os principais produtores aquícolas, representando 91,5% da produção, sendo que a China apresenta uma produção ao nível dos 69,5% da quantidade total, demonstrado no gráfico 1. As espécies cultivadas em aquicultura são já muitas, contando com mais de 230 espécies (Subasinghe, 2005) Este número encontra-se em crescimento uma vez que se verifica uma tendência para a diversificação no cultivo.

Gráfico 1: Principais produtores aquícolas (FAO, 2007)



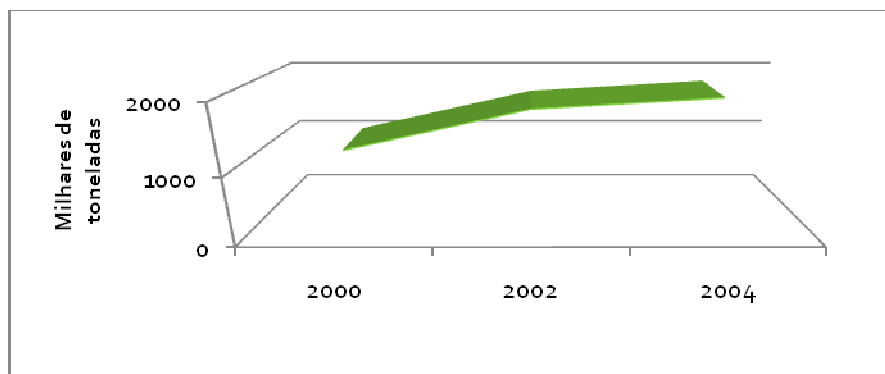
Pela análise do gráfico 2, verifica-se que, na sua maioria, a produção aquícola origina de aquicultura de água doce, representando 56,6% em quantidade e 50,1% em valor. Os produtos de maricultura contribuem com 36% em quantidade e 33,6% em valor. Este tipo de produção consiste em produtos de alto valor no que diz respeito ao peixe, mas também produzem uma grande quantidade de moluscos de baixo valor (mexilhões e ostras). A produção em águas salobras fornece somente 7,4% em quantidade mas, por fornecer produtos de alto valor, como crustáceos e peixe, contribui com 16,3% em valor (FAO, 2007).

Gráfico 2: Origem da produção aquícola em quantidade e valor (FAO, 2007)



Os mexilhões e ostras são considerados produtos de baixo valor quando se comercializa o molusco com concha, visto esta representar grande parte do peso vivo. Assim, relativamente ao animal sem concha, estes são considerados produtos de alto valor por quilograma de carne (FAO, 2007). Mas apesar de poderem ser considerados de alto ou baixo valor, os moluscos são o terceiro grupo de espécies mais cultivado a nível mundial. Entre as várias espécies aquícolas (peixes, crustáceos e moluscos) cultivadas, o mexilhão encontra-se como a sétima espécie mais cultivada em aquicultura, tendo entre os anos de 2002 e 2004 sofrido um aumento de cultivo de 4,6% relativamente à quantidade (FAO, 2007).

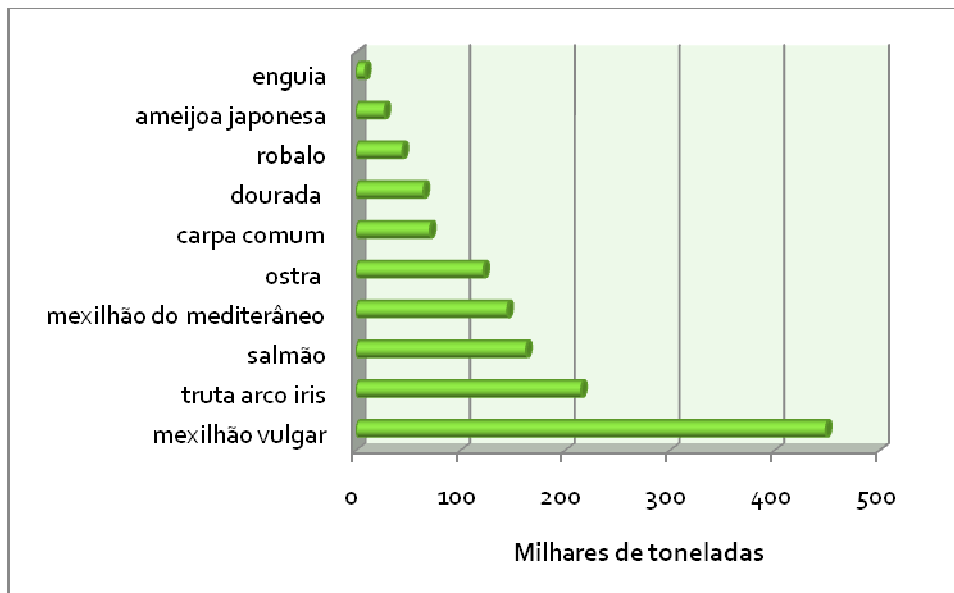
Gráfico 3: Tendência de cultivo de mexilhão nos últimos anos em quantidade (FAO, 2007)



A União Europeia apresenta um papel na produção aquícola, representando cerca de 2,5% da produção aquícola mundial em quantidade, e cerca de 4,6% relativamente ao valor (Comissão Europeia, 2006). A espécie mais cultivada entre os Estados membros é o mexilhão vulgar (*M. edulis*), com um volume de 448 836 toneladas, encontrando-se o mexilhão mediterrâneo (*M. galloprovincialis*) como a quarta espécie mais cultivada com um volume de 144 663 toneladas (Comissão Europeia, 2006), como se verifica no gráfico 4. Embora os moluscos representem mais

de 60% da produção aquícola da União Europeia em quantidade, em termos de valor representam somente 30% (Comissão Europeia, 2006).

Gráfico 4: Espécies mais cultivadas na União Europeia (Comissão Europeia, 2006)



Para os europeus, os produtos de pesca são muito importantes nos hábitos alimentares, representando uma fonte preciosa de proteínas e contribuindo para uma alimentação saudável. O valor de consumo de produtos de pesca é variável dentro da União Europeia, apresentando assim um valor médio de 22,7 Kg/pessoa/ano, sendo este ligeiramente superior à da média mundial, que é de 20 Kg/pessoa/ano. Dentro da União Europeia, Portugal aparece como o maior consumidor de produtos de pesca, com um valor de consumo de 56,5 Kg/pessoa/ano (Comissão Europeia, 2006)

Portugal apresenta um elevado potencial para a actividade aquícola, devido às suas características climáticas e geográficas, estando sob influência do mar Mediterrâneo e oceano Atlântico. A produção portuguesa em 2000, em aquicultura, rendeu cerca de 40 milhões de euros, o que corresponde a mais de 7 mil toneladas em quantidade. O grupo de moluscos contribuiu em 58% para esta produção (40% amêijoia; 6% berbigão; 9% ostras; 3% mexilhão) (Animação Local para o Desenvolvimento e criação de Emprego na Ria Formosa, 2006).

Actualmente, verifica-se a existência de uma grande variedade de designs de miticultura. Dependendo do tipo de estruturas utilizadas, podemos separar os métodos de cultura em fixos ou flutuantes (Santos, 1990). Assim, dependendo de vários factores, como da profundidade da água, da hidrodinâmica e estilo regional, poderemos utilizar métodos de cultivo diferentes. (Stevens *et al.*, 2008). Por isso é importante conhecerem-se as características do local que se destina à implantação de uma unidade de cultura.

## Regime jurídico

A actividade aquícola em Portugal já se encontra legislada, ainda que a mitilicultura não esteja especificada.

O Decreto Regulamentar nº 14/2000 de 21 de Setembro regula, actualmente, a actividade da aquicultura. Neste diploma foi inserido a legislação existente que se encontrava dispersa, tendo sido actualizada, uniformizada e clarificados os procedimentos relativos à instalação, exploração e transmissão dos estabelecimentos de culturas marinhas e conexos. Desta forma, pretendeu-se obter uma maior simplificação e rapidez dos mecanismos processuais, de apreciação e de decisão e criação de condições que permitam abrir novas perspectivas para o futuro da aquicultura em Portugal, visto este ser um sector de importância estratégica para o desenvolvimento sustentável do país, conforme estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros nº 87/98 de 10 de Julho.

O presente diploma visou, ainda dar cumprimento ao estabelecido no artigo 12-A do Decreto-Lei nº 278/87 de 7 de Julho, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 383/98 de 27 de Novembro (regula o exercício da pesca marítima e da cultura de espécies marinhas) onde são referidos os requisitos e condições relativos à instalação e à exploração dos estabelecimentos de cultura marinhas e conexos, bem como as condições de transmissão e cessação das autorizações de instalação e das licenças de exploração, são estabelecidas por diploma específico (Animação Local para o Desenvolvimento e criação de Emprego na Ria Formosa, 2006).



## Descrição das técnicas

Existe uma grande variedade de técnicas de cultura usadas ao longo dos tempos. Algumas destas técnicas foram evoluindo mas outras entraram em desuso. Assim, as técnicas de jangada, de long-line e de estaca são as mais utilizadas universalmente. As técnicas mencionadas anteriormente encontram-se a seguir descritas.

Também está descrita uma outra técnica, que apesar de não ser uma das técnicas mais usadas universalmente, em alguns países como é o caso da Holanda e da Alemanha, ainda se verifica a sua aplicação.

### CULTURA DE JANGADA ('raft culture')

As primeiras culturas em jangada utilizavam barcos antigos aos quais era associada uma moldura de madeira, onde se prendiam as cordas. Actualmente, as jangadas são especialmente desenhadas com o propósito da mitilicultura.

A estrutura é constituída por uma treliça, um sistema de cruzamento de vigas de madeira, e é colocada a uma distância da água que não permita a adesão das sementes de mexilhão às vigas para que não desgaste a madeira da estrutura, como se é possível ver na figura 12. Esta estrutura também é pensada para que, no caso de forte ondulação, não ocorram danos estruturais (Narváez e Rivero, 2007).



Figura 12: Cultivo em jangada (fonte: Dra. Maria Preciosa Sobral)

As vigas, ao longo do tempo, foram de diversos materiais como de ferro, de polietileno e de aço galvanizado, entre outros. Actualmente, as vigas mais utilizadas são de madeira de eucalipto (Narváez e Rivero, 2007; Santos, 1990). Os sistemas de flutuação aos quais as estruturas se

encontram associadas, também sofreram alterações ao longo do tempo. Como referido anteriormente, começou-se pelo uso de barcos passando pelo uso de flutuadores de madeira, entre uma grande variedade de materiais, até aos actuais flutuadores de chapa de ferro, muitas vezes revestidos a poliéster, de forma a resistirem à água salgada e a agentes erosivos (Narváez e Rivero, 2007; Santos, 1990).

Estas jangadas estão ancoradas ao fundo por uma corrente de ferro, que na extremidade, possui uma âncora, que muitas vezes é um bloco de betão armada com cerca de 10 toneladas de peso, dependendo do fundo. O tamanho das correntes de ferro é variável, considerando-se assim, para o seu cálculo, a profundidade máxima da água em preia-mar equinocial, isto é, em maré viva (Narváez e Rivero, 2007; Santos, 1990).

Em áreas protegidas, as jangadas encontram-se ancoradas somente numa extremidade por uma âncora de cimento de 20 toneladas, deixando a jangada livre na maré. Em áreas expostas, as jangadas encontram-se ancoradas em ambas as extremidades (Bardach, Ryther e McLarney, 1972).

As sementes são na sua maioria, recolhidas de bancos naturais. Mas também se usam colectores para este efeito. Estes podem ser diversos como cordas vazias, em esparto revestido de alcatrão ou em fibra sintética, entre outros (Santos, 1990). Uma vez colectadas as sementes, estas são colocadas nas cordas das jangadas. Antigamente, as sementes eram colocadas manualmente, primeiro numa rede de algodão sendo posteriormente enroladas nas cordas de crescimento. Actualmente já existem máquinas de encordar e as redes utilizadas para tal são de fibra sintética (Santos, 1990).

As cordas onde se processa o crescimento têm um comprimento de três a doze metros e são semelhantes às cordas utilizadas para a fixação. Assim, encontram-se suspensas do travejamento na vertical. A cada 40 cm de corda colocam-se umas pequenas cavilhas, de forma a prevenir o deslizamento do mexilhão com o aumentar do peso, durante o crescimento. Em cada extremidade da corda, verifica-se a existência de uma laçada. Esta permite a inversão das cordas, no caso de se observar uma desigualdade no crescimento às diferentes profundidades. Esta laçada também serve para colocar e retirar as cordas do travejamento (Santos, 1990). Assim que o mexilhão atinge 3 – 4 cm de comprimento, desdobra-se as cordas iniciais. Este desdobramento consiste em retirar o mexilhão das cordas, e colocar em umas outras, permitindo ao mexilhão mais espaço para que consiga atingir o seu comprimento em plenitude (Santos, 1990).

A colecta do mexilhão é feita através do uso de um guincho, que utiliza a laçada superior da corda para a içar. Anteriormente é colocado um cesto debaixo das cordas, onde é deixada cair a corda, para posteriormente ser içada a bordo (Santos, 1990). De forma a maximizar o rendimento da

produção em jangadas, utiliza-se simultaneamente cordas de fixação e cordas de crescimento para consumo a fresco (com um tamanho médio de 5,0 cm), levando assim a uma produção contínua (Santos, 1990).

Este sistema de cultivo apresenta como vantagens um grande volume de produção numa pequena área e o fácil acesso ao sistema de cultivo pela parte dos trabalhadores, visto este tipo de sistema de cultivo exigir uma atenção constante.

A cultura em jangada é principalmente usada na Galiza, Espanha, onde, devido às condições hidrodinâmicas e bioecológicas da região, oferece um maior rendimento (Narváez e Rivero, 2007). Mas este método também é utilizado em outros locais, tal como França, nas Américas e África, embora nestes últimos a espécie de mexilhão cultivado seja diferente (*Perna perna*).

### CULTURA DE LONGLINE

Este tipo de cultura é mais usado nos Estados Unidos da América, e em países da Europa como Suécia, Irlanda e Espanha, embora neste último já não seja muito usada esta técnica, em detrimento da técnica anteriormente descrita (Narváez e Rivero, 2007). Esta técnica é constituída por um conjunto de sistemas que permitem uma eficiência e adaptabilidade ao meio envolvente.

Assim, o sistema de flutuação consiste numa linha de flutuadores, podendo estes serem de diversos materiais e tamanhos. O número de flutuadores ou bóias serem usados vão depender, essencialmente, do momento do cultivo. Uma vez no início do cultivo, deve-se colocar poucos pesos, pois as cordas estão ainda muito leves. Quando a corda já tiver um peso superior, devido ao crescimento, aumenta-se o número de flutuadores de forma a evitar o afundar das cordas com o peso. Assim, estabiliza-se a estrutura (Narváez e Rivero, 2007).



Figura 13: Cultivo em sistema de Long-line (fonte: [www.seapro.co.nz/information.html](http://www.seapro.co.nz/information.html))

Como sistema de suporte, existe uma corda, denominada de linha mãe, da qual pendem as várias cordas de cultivo. Este sistema pode apresentar algumas variações consoante a densidade de cultivo. Pode apresentar-se sob a forma de uma linha mãe por linha de flutuadores ou apresentar várias linhas mães colocadas a par. A estrutura mais comum é a que apresenta duas linhas mães colocadas paralelamente (Narváez e Rivero, 2007), caso esse demonstrado na figura 13.

O sistema de cultivo deste tipo de cultura é semelhante ao do cultivo em jangada. As cordas utilizadas são geralmente de nylon, com um tamanho dependente da profundidade do local onde se encontram. Também em semelhança com o sistema de cultivo em jangada, a cada 30-40 cm de corda, colocam-se pequenas cavilhas, de forma a evitar o desprendimento do mexilhão da corda devido ao peso (Narváez e Rivero, 2007).

Em alguns países, o sistema de cultivo é diferente do mencionado anteriormente. Nestes casos, o cultivo é realizado com umas bandas de polipropileno, chamadas de “boudins”, com cerca de 5 cm de largura e 6 ou 7 m de comprimento, sendo este comprimento semelhante ao comprimento das cordas de cultivo, e distando entre si de 0,6 a 1m (Santos, 1990).

O mexilhão fixa-se a estas bandas, onde cresce até atingir o tamanho comercial. Nestas bandas, o desdobramento verificado é o denominado de desdobramento natural, uma vez que os mexilhões vão caindo, levando a uma distribuição mais uniforme (Santos, 1990). De maneira a fixar estas cordas, o sistema de ancoragem, é composto com vários pesos, que se localizam no fundo, unidos a flutuadores colocados no final de cada secção da linha mãe. Assim, consegue-se manter a linha ancorada ao fundo enquanto se mantém a tensão do sistema de suporte (Narváez e Rivero, 2007).

Uma das vantagens associadas a este tipo de cultivo é a melhor adaptação a zonas mais expostas. Apesar desta adaptação, este tipo de cultivo não é viável de ser instaurado em muitas zonas potenciais de cultivo devido a, entre outros factores, condições oceanográficas desfavoráveis (Narváez e Rivero, 2007).

À medida que se verificou a estabilidade e rentabilidade deste sistema de cultivo, passou-se a tentar encontrar uma estrutura que apresentasse também estabilidade perante condições desfavoráveis, como grandes tempestades, diminuindo assim, a perda de animais (Santos, 1990). Desta forma, após a experiência com várias estruturas, testou-se este mesmo sistema de cultivo long-line mas em profundidade, revelando uma grande resistência tanto ao nível da estrutura quanto à capacidade de retenção de animais (Santos, 1990). Devido ao grande sucesso deste sistema de cultura, foi-se desenvolvendo novos modelos de cultivo dentro deste sistema (Santos, 1990).

Recentemente, desenvolveu-se a linha de cultivo contínua, onde uma única linha que pode ultrapassar os 200 metros, é colocada em zig-zag, nuns laços que pendem da linha mãe e que distam entre si 40 cm. Com esta estrutura as operações de desdobramento e colheita são facilitadas. A maquinaria empregue para cada uma destas etapas é a mesma usada para o cultivo em jangada (Narváez e Rivero, 2007).

### *CULTURA DE ESTACA ('bouchot' ou pole culture')*

A cultura em estaca é muito utilizada, actualmente, em França, principalmente na costa Atlântica, e ao longo do Mediterrâneo, como é o caso de Córsega.

O sistema de cultura em estaca consiste, essencialmente, numa série de estacas, colocadas perpendicularmente à costa, na zona intermarés, posicionamento verificado pela figura 14. O posicionamento actual difere do usado anteriormente, na medida que antigamente, as estacas eram colocadas em V, com o vértice para o largo de forma a que, adicionando uma rede de pesca às estacas, seria possível também a captura de peixe, proveniente de montante. Este posicionamento foi abandonado e inclusive proibido devido aos problemas ambientais que causava (Santos, 1990).



Figura 14: Cultivo em Estaca (fonte: [http://www.lexpress.fr/region/quand-des-moules-decrochent-l-aoc\\_475751.html](http://www.lexpress.fr/region/quand-des-moules-decrochent-l-aoc_475751.html))

As estacas são, normalmente, de madeira de pinho ou de carvalho, apresentando um diâmetro de 12 a 25 cm, e com um comprimento total de 4 a 6 metros, dependendo do local, encontrando-se enterradas no fundo lodoso, até metade do seu comprimento total (Santos, 1990; Landau, 1992).

As estacas são colocadas em uma ou duas fiadas, distanciadas entre si. Todo o processo de implantação das estacas, encontra-se, em alguns países, legislado, de tal forma que o número de estacas e as distâncias entre estas é determinado pela legislação. Mas estes valores variam consoante o local pois são estipuladas de acordo com as características do local em questão (Santos, 1990).

As distâncias entre as estacas, dentro de uma mesma fila, são em geral de 1 metro, enquanto que a distância entre as filas é de 3 metros (Landau, 1992).

A obtenção de semente de mexilhão é normalmente através de cordas colectoras, de fibra de coco, esticadas horizontalmente entre as estacas (Landau, 1992). Pode também ser realizada em estacas, localizadas em zonas mais fundas, que apresentam rugosidade facilitando a fixação da semente, por terem sido colocadas com antecedência no local em questão (Santos, 1990).

Uma vez obtida a semente, esta é colocada em tubos de rede larga, com um diâmetro de cerca de 12 cm após enchimento e comprimento de 3 a 5 metros, que é então enrolada em hélice na estaca. A função desta rede é de permitir a manutenção do mexilhão na estaca durante a fase da fixação à mesma. Esta rede, que pode ser de nylon com malha extensível ou de algodão, é degradada naturalmente pela água e matéria orgânica em suspensão, permitindo o crescimento dos mexilhões (Santos, 1990; Landau, 1992). A parte da estaca em contacto com o fundo, é coberto com plástico liso de forma a não permitir que os predadores trepem à estaca, e como consequente, tenham acesso ao mexilhão (Landau, 1992).

A colheita é manual, existindo uma diversidade de métodos para tal. Um dos métodos utilizados baseia-se num saco de rede com cabo e um crescente metálico, que, manuseado de baixo para cima, arranca o mexilhão da estaca, caindo dentro do saco. Outra forma é usando uma garra móvel cilíndrica e oca, que penetra na estaca pela extremidade superior envolvendo-a. Começa pelo fundo, fechando junto da base da estaca, arrancando o mexilhão ao subir (Santos, 1990; Landau, 1992). Esta colheita é feita em maré baixa, quando as estacas estão expostas e pessoas e máquinas conseguem alcança-las. Quando a maré não é grande, pode-se tratar das estacas em pequenos botes (Landau, 1992).

Este tipo de cultura tem como vantagens a imersão permanente dos mexilhões, tendo o acesso a todo o alimento disponível na coluna de água, a não permissão de alcance dos predadores do fundo e a não contaminação pelo sedimento (Santos, 1990). Apresenta, como desvantagens, a necessidade de ter zonas abrigadas e com pequena amplitude de maré, assim como a necessidade de mão-de-obra, dado que este tipo de cultura não permite a mecanização (Santos, 1990).



### CULTURA DE FUNDO ('bottom culture')

Este sistema de cultura é muito comum na Holanda e na Alemanha, e em menor escala nos Estados Unidos da América, Inglaterra e Dinamarca. O cultivo realiza-se em fundos de zonas submersas, parcial ou totalmente protegidas por diques, como é o caso dos países Baixos (Camacho, 1992), como é possível se verificar pela figura 15.

As sementes são colectadas de bancos naturais de mexilhão, quando com 1 a 1,5 cm e transladados para bancos, normalmente, alugados. Estes encontram-se a profundidades de 3 a 6 metros, onde a semente de mexilhão permanece por cerca de 20 meses, até atingir o tamanho comercial de 6 a 7 cm (Camacho, 1992).

O mexilhão produzido por este sistema, por ser cultivado em fundos lodosos, necessita de ser transladado para bancos em fundos arenosos ou para tanques com abundante circulação de água, de forma a ser eliminado todo o sedimento, antes de poder ser comercializado (Camacho, 1992).

O processo de colheita é muito mecanizado. Os barcos são equipados com uma ou mais dragas que colectam até 15 toneladas métricas de semente de mexilhão ou mexilhão de tamanho comercial, em 1 hora (Camacho, 1992; Landau, 1992).



Figura 15: Cultivo de fundo (fonte: [www.consult-poseidon.com/photo-gallery.asp](http://www.consult-poseidon.com/photo-gallery.asp))

## Conclusão



O mexilhão é uma espécie que se encontra distribuída numa variedade de substratos, existindo pela Europa sob várias formas taxonómicas, entre as quais *M. edulis* e *M. galloprovincialis*.

Actualmente, verifica-se uma polémica relativa a estas duas formas, não se conseguindo concluir se trata de duas espécies distintas ou de uma espécie e uma sub-espécie desta. Neste contexto propoemo-nos a compilar uma série de dados através dos quais se poderá proceder à distinção entre estas duas formas.

Estes dados permitem-me comentar que realmente existe uma série de características em que estas formas variam. As características morfológicas mais notórias que permitem a distinção, dizem respeito ao tamanho, apresentando *M. edulis* um tamanho inferior a *M. galloprovincialis*, à relação altura/comprimento, derivado de um ser maior do que o outro, ao formato do umbo, que é mais arredondado em *M. edulis* e mais pontiagudo em *M. galloprovincialis*, assim como à impressão do músculo adutor anterior, que é maior em *M. galloprovincialis*.

Também a nível fisiológico foram encontradas diferenças significativas, no que diz respeito à fisiologia da reprodução do mexilhão, tolerância a diferentes condições ambientais e inclusive no que diz respeito à infestação. Ainda se verifica distinção em algumas outras características.

Assim sendo, afigura-se necessária uma análise aos vários níveis para que a distinção das duas formas seja considerada viável.

Esta distinção torna-se pertinente uma vez que, as duas formas apresentam tempos de cultivo diferentes e no que diz respeito à aquicultura, esta diferença é significativa.

Mediante as técnicas de cultivo de mexilhão em causa, cada sistema de cultivo requer condições hidrodinâmicas e ambientes específicos. Existem mais métodos de cultivo, mas não são utilizados em grande escala, tendo sido muitas deles abandonados em detrimento dos métodos mencionados.

A cultura em jangada requer um ambiente protegido e ao mesmo tempo profundo, visto necessitar em média de 12 metros de profundidade para se verificar o método de cultivo. O cultivo em jangada apresenta uma grande vantagem, consegue-se produzir um grande número de mexilhões numa pequena área, conseguindo-se totalizar 60 a 80 toneladas de mexilhão por cada 50 metros quadrados.

Relativamente ao cultivo em long-line, este apresenta a vantagem de não necessitar de áreas tão profundas, mas ao mesmo tempo necessita de áreas mais extensas, este método apresenta uma adaptação a áreas mais expostas, embora devido ao facto de ser um sistema de cultivo submerso, o

local tem de apresentar alguma protecção. Este sistema apresenta-se em evolução para adaptação aos vários habitats.

O método das estacas, é aplicado por norma em vários locais que apresentam um fundo lodoso e com pouca amplitude de maré e não é tão produtivo porque o mexilhão está fora de água algumas horas por dia não recebendo alimento. Não necessita de grande profundidade na medida em que o manuseamento do mexilhão é feito em maré baixa, sendo assim necessário um acesso fácil às estacas. Necessita também de ter especial cuidado devido à predação.

O outro tipo de cultivo é chamado de cultivo natural, isto é cultivo de fundo, visto ser feito em bancos naturais.

A Ria de Aveiro apresenta uma profundidade média de 2 a 4 metros nos canais que não são de navegação e apesar de ser uma laguna, apresenta muita corrente. Estas são algumas das características que tornam inviável a implantação de qualquer um dos sistemas de cultivo de mexilhão acima expostos, na Ria de Aveiro, a um nível industrial.

Na Ria de Aveiro, nomeadamente na Baía de S. Jacinto, encontra-se implantado o sistema de cultivo em jangada. Assim, existem 10 jangadas, de tamanho 20 m x 20 m. Estas jangadas encontram-se implantadas neste local desde o final da década de 80. Apesar de não possuir dados relativos à sua produção, estas jangadas apresentam produção num tempo médio de crescimento de mexilhão de 18 meses.

Já tem sido falada a implantação, também no canal de S. Jacinto, de uma unidade de cultivo de mexilhão. Mas por várias razões, estas unidades de cultivo seriam de tamanho familiar, isto significando que a produção obtida destas unidades seria de subsistência, não sendo viável a exploração com fins comerciais.

Uma vez que os locais viáveis para este tipo de implantação como é o caso do Canal Principal/Espinheiro e o Canal de S. Jacinto, são locais com uma elevada corrente e no que diz respeito ao Canal Principal/Espinheiro com movimento de embarcações, estas unidades iniciariam o crescimento do mexilhão não com semente, como se verifica noutros locais, mas sim com juvenis de tamanho médio de 2 cm, tornando a fixação destes às cordas mais eficaz. Estes juvenis poderiam ser colectados das margens ou de bancos da Ria, existindo assim um aproveitamento dos recursos locais.

Mas um aspecto importante a tem em quanta a quando do planeamento da implantação da unidade de cultivo de mexilhão é a questão da salubridade da Ria. Encontra-se em execução um programa que analisa a salubridade das zonas de produção de moluscos bivalves vivos MBV). Este programa,

desenvolvido pelo INRB, I.P./IPIMAR, analisa parâmetros microbiológicos, químicos e biotoxinas. Os critérios estabelecidos para a análise microbiológica, nomeadamente de *Escherichia coli*, cujos resultados determinam as zonas de produção, encontram-se na Directiva 91/4927CEE de 15 de Julho. Os resultados obtidos da análise microbiológica são então publicados no Diário da República, estipulando a classificação das zonas de produção.

Classificação das zonas de Produção	CrITÉRIOS	Resultados
A	$\leq 230$ <i>E. coli</i> / 100g parte edível e líquido intervalvar (FIL)	Directo para Consumo
B	[230;4 600] <i>E. coli</i> / 100g FIL	Seguir para Depuração
C	[4 600;46 000] <i>E. coli</i> / 100g FIL	Dois meses de transposição em Zona A, seguido de depuração
D	$> 46\ 000$ <i>E. coli</i> / 100g FIL	Impróprios para Consumo

Tabela 3: Critérios de classificação das zonas de produção

A classificação obtida pela Ria de Aveiro, pelo Despacho nº 9604/2007, de 25 de Maio, aponta a classificação B para o Canal de Mira e Canal de São Jacinto, e a classificação C para o Canal de Ílhavo e Canal Principal/Espinhoiro. Ambas as classificações não permitem o consumo directo de bivalves provenientes da apanha destas áreas. No caso da classificação B, os bivalves terão de passar primeiro por um centro de depuração, onde eliminarão a contaminação de natureza bacteriana. No caso da classificação C, os bivalves provenientes desta área de apanha terão de ser transpostos para uma zona de classificação A durante dois meses, sendo posteriormente encaminhado para um centro de depuração. Só após estes procedimentos poderá ser consumido quer directamente quer depois de processado na indústria conserveira.

## Perspectivas Futuras

Após a execução deste trabalho, fica uma dúvida relativamente à forma taxonómica existente na Ria de Aveiro, dúvida essa que, depois de consultar uma vasta bibliografia não foi possível esclarecer. Desta forma, seria necessário um estudo posterior em campo, com a análise das características morfológicas, fisiológicas e genéticas para se poder esclarecer qual a forma existente na Ria.

Uma vez que se verifica problemas a nível da salubridade e das características da própria Ria, a implantação de uma unidade de aquicultura de mexilhão de nível familiar poderá não ser viável economicamente. Seria igualmente necessário, fazer um planeamento das alterações aos respectivos sistemas de cultivo para posterior implantação na Ria de Aveiro. Dentro destas técnicas, seria seleccionada a que melhor se adaptasse à Ria e fosse mais viável a nível económico e produtivo. Neste sentido seria necessário fazer-se um estudo de viabilidade para se determinar se o investimento necessário para uma implantação deste tipo compensaria.

## Referências bibliográficas

- ANIMAÇÃO LOCAL PARA O DESENVOLVIMENTO E CRIAÇÃO DE EMPREGO NA RIA FORMOSA, 2006. Guia de boas práticas em moluscicultura. Animação Local para o Desenvolvimento e criação de Emprego na Ria Formosa. Olhão. 154 pp. ISBN: 989-95066-1-3
- BARDACH, J.E., RYTHER, J.H. E MCLARNEY, W.O., 1972. Culture of Mussels. In: BARDACH, J.E., RYTHER, J.H. E MCLARNEY, W.O. (John Wiley & Sons) Aquaculture : the farming and husbandry of freshwater and marine organisms, New York, 760 - 776 pp, ISBN 471-04826-7
- BARNES, R.S.K., CALOW, P. & OLIVE, P.J.W., 2000. The Molluscs. In: Barnes, R.S.K., Calow, P. & Olive, P.J.W. The Invertebrates – a new synthesis, 2<sup>nd</sup> edition, Blackwell Science, Oxford. 488 pp. IBSN: 978063204761
- BETTENCOURT, J., CARVALHO, P., PEREIRA, J., OLIVEIRA, N., VENTURA, P., 2003. Projecto Ria de Aveiro A – 2000 (FCT) POCTI / 34922 / HAR / 2000 Relatório da campanha de 2002. *Trabalhos do Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática*. **8** (1), 56 pp.
- CAGLAK, E., CAKLI, S., KILINC, B., 2008. Microbiological, chemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology*. **226**: 1293-1299.
- CAMACHO, ALEJANDRO PÉREZ, 1991. Cultivo do mexillón na batea. Vol. 12. Conselleria de pesca, marisqueo e acuicultura. Xunta de Galicia. 48 pp. ISBN: 84-453-0498-4
- CAMACHO, ALEJANDRO PÉREZ, 1992. Cultivo do mexillón na batea. Dirección Xeral de Formación Pesqueira e Investigación, D.L. Galicia. 48 pp. ISBN: 84-453-0498-4.
- CASTRO, H., RAMALHEIRA, F., QUINTINO, V., RODRIGUES, A.M., 2006. Amphipod acute and chronic sediment toxicity assessment in estuarine environmental monitoring: An example from Ria de Aveiro, NW Portugal. *Marine Pollution Bulletin*. **53**: 91–99
- COMISSÃO EUROPEIA, 2006. Factos e números sobre a PCP - Dados básicos sobre a Política Comum da Pesca. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Bélgica. 37 pp. ISBN: 92-79-00902-8 (disponível em: [http://ec.europa.eu/fisheries/publications/facts/pcp06\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/fisheries/publications/facts/pcp06_pt.pdf))

- CONDE, BERNARDO NUNO ESTEVES ANTUNES SEABRA, 2007. A caracterização e delimitação das áreas fundamentais da ZPE e o Ordenamento e Gestão da Ria de Aveiro. Tese de Mestrado. Secção Autónoma das Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas, Universidade de Aveiro (Portugal), 202 [60] pp.
- DAME, RICHARD F., 1996. Physical environmental interactions In: Ecology of the Marine Bivalves –An Ecosystem Approach, 1996, CRC Press, 254 pp. ISBN: 0849380456
- DE DONNO, A., LIACI, D., BAGORDO, F., LUGOLI, F. AND GABUTTI, G., 2008. *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator of microbiological pollution of coastal waters: a study conducted in the Salento Peninsula (Italy). *Journal of Coastal Research*. **24**: 216-221.
- DEFOSSEZ, J.M., HAWKINS, J.S., 1997. Selective feeding in shellfish: size-dependent rejection of large particles within pseudofaeces from *Mytilus edulis*, *Ruditapes philippinarum* and *Tapes decatassus*. *Marine Biology*. **129**: 139-147.
- DIAS, J.M, LOPES, J.F., DEKEYSER, I., 1999. Hydrological characterisation of Ria de Aveiro, Portugal, in early summer. *Oceanologica acta*. **22** (5): 473-485
- DIAS, J.M, LOPES, J.F., DEKEYSER, I., 2000. Tidal Propagation in Ria de Aveiro Lagoon, Portugal. *Phys. Chem. Earth (B)*. **25** (4): 369-374
- DUINKER, A., BERGSLIEN, M., STRAND, Ø., OLSENG, C.D., SVARDAL, A., 2007. The effect of size and age on depuration rates of diarrhetic shellfish toxins (DST) in mussels (*Mytilus edulis* L.). *Harmful Algae*. **6**: 288-300.
- FAO, 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN: 978-92-5-105568-7 (disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/A0699e/A0699e00.htm>)
- FOTEL, F.L., JENSEN, N.J., WITTRUP, L., HANSEN, B.W., 1999. *In situ* and laboratory growth by a population of blue mussel larvae (*Mytilus edulis*) from a Danish embayment, Knebel Vig. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **233**: 213-230.
- FUENTES, J., LÓPEZ, J.L., MOSQUERA, E., VÁZQUEZ, J., VILLALBA, A., ÁLVAREZ, G., 2002. Growth, mortality, pathological conditions and protein expression of *Mytilus edulis*



- and *M. galloprovincialis* crosses cultured in the Ría de Arousa (NW of Spain). *Aquaculture*. **213**: 233-251.
- GARDNER, J.P.A., THOMPSON, R.J., 2001. The effects of coastal and estuarine conditions on the physiology and survivorship of the mussels *Mytilus edulis*, *M. trossulus* and their hybrids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **265**: 119-140.
- GETCHIS, T., RUSSO, S., SUNILA, I., WILLIAMS, L., 2004. Reproduction and pathology of blue mussels, *Mytilus edulis* (L.) in an experimental longline in Long Island Sound, Connecticut. *Journal of Shellfish Research*. **23**(3): 731-740.
- GIUFRIDA, A., PENNISI, L., ZIINO, G. AND ALIBRANCHI, S., 2003. Physico-chemical and biochemical modifications of *Mytilus galloprovincialis* after harvesting. *Veterinary Research Communications*; **27** (1): 683-685.
- KOEHN, R.K., 1991. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus* *Aquaculture*. **94**: 125-145.
- LANDAU, MATHEW, 1991. Commonly Cultured Mollusks - Mussels. In: LANDAU, MATHEW. Introduction to Aquaculture. John Wiley and Sons. New York. pp. 166-170. ISBN: 978-0-471-61146-2
- LEHANE, C., DAVENPORT, J., 2004. Ingestion of bivalve larvae by *Mytilus edulis*: experimental and field demonstration of larviphagy in farmed blue mussels. *Marine Biology*. **145**: 101-107.
- LOPES, CLÁUDIA MARIA BATISTA, 2003. Dinâmica de Nutrientes na Ria de Aveiro. Tese de Mestrado. Departamento de Química, Universidade de Aveiro (Portugal), 181 pp.
- LÓPEZ, ANDRÉS SANJUAN. 1992. La identificación del mejillón de la Península Ibérica: variabilidad morfológica y polimorfismos alozímicos. Tese de doutoramento. Departamento de Biología Fundamental (área de genética), Universidade de Santiago de Compostela (Espanha), 176 pp
- LÓPEZ, J.L., MARINA, A., VÁSQUEZ, J., ALVAREZ, G., 2002. A proteomic approach to the study of the marine mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Biology*. **141**: 217-223.

- LUBET, P. 1994. Mollusc Culture. In: BARNABÉ GILBERT, 1994. Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species, Ellis Horwood Series in Aquaculture and Fisheries Support, Taylor and Francis. ISBN: 0-13-482316-8
- MOREIRA, M.H., QUEIROGA, H., MACHADO, M.M., CUNHA, M.R., 1993. Environmental Gradients in a Southern Europe Estuarine System: Ria De Aveiro, Portugal Implications For Soft Bottom Macrofauna Colonization. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. **27** (2-4): 465-482.
- MORTON, J.E., Molluscs, 5<sup>th</sup> edition, 1979, Hutchinson University Library, Londres, 264 pp. ISBN: 0-09-134160-4
- NAGARAJAN, R., LEA, S.E.G., GOSS-CUSTARD, J.D., 2006. Seasonal variations in mussel, *Mytilus edulis* L. shell thickness and strength and their ecological implications. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. **339**: 241-250.
- NARVÁEZ, C.T., RIVERO, J.C.M., 2007. Cultivo de mejillón: aspectos generales y experiencias en Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Dirección General de Pesca y Acuicultura, Servicio de Estructuras Pesqueras y Acuícolas. 182 pp.
- NEIRA, CARLOS DURAN, 1990. El mejillón: Biología cultivo y comercialización – Serie Estudios Sectoriales 5, Fundación Caixa Galicia, 183 pp. ISBN: 84-404-7996-4
- PEHARDA, M., ŽUPAN, I., BAVČEVIĆ, L., FRANKIĆ, A., KLANJŠČEK, K., 2007. Growth and condition index in mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquaculture Research*. **38**: 1714-1720.
- PÉREZ CAMACHO, A., LABARNA, U., BEIRAS, R., 1995. Growth of mussel *Mytilus edulis galloprovincialis* on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. *Aquaculture*. **138**: 349-362.
- S'MIETANKA, B., ZBAWICKA, M., WOŁOWICZ, M., WENNE, R., 2004. Mitochondrial DNA lineages in the European populations of mussels (*Mytilus* spp.). *Marine Biology*. **146**: 79-92.
- SANTOS, ANA MARIA TEIA DOS. 1990. Crescimento e produção de *Mytilus edulis* de cultura, na Ria de Aveiro. Tese de Doutoramento. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto (Portugal), 206 pp.

- SCHNEIDER, K.R., WETHEY, D.S., HELMUTH, B.S.T., HILBISH, T.J., 2005. Implications of movement behavior on mussel dislodgement: exogenous selection in a *Mytilus spp.* hybrid zone. *Marine Biology*. **146**: 333-343.
- SKIBINSKY, D.O.F., BEARDMORE, J.A., CROSS, T.F., 1983. Aspects of the population genetics of *Mytilus* (Mytilidae; Mollusca) in the British Isle. *Biological Journal of the Linnean Society*. **19**: 137-183.
- STEVENS, C., PLEW, D., HARTSTEIN, N., FREDRIKSSON, D., 2008. The physics of open-water shellfish aquaculture. *Aquicultural Engineering*. **38**: 145– 160.
- STROHMEIER, T., DUINKER, A., STRAND, Ø., AURE, J., 2008. Temporal and spatial variation in food availability and meat ratio in a longline mussel farm (*Mytilus edulis*). *Aquaculture*. **276**: 83-90.
- SUBASINGHE, R.P., 2005. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine*. **67**:117–124.
- VERNOCCHI, P. ET AL., 2007. Characterization of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) harvested in Adriatic Sea (Italy). *Food Control*. **18**: 1575-1583.
- VOOYS, C.G.N., 2006. Protection against suspended sand: the function of the brachial membrane in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Helgol Marine Research*. **60**: 239-242.
- WONG, W.H., LEVINTON, J.S., 2004. Culture of the blue mussel *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) fed both phytoplankton and zooplankton: a microcosm experiment. *Aquaculture Research*. **35**: 965-969.
- YEATS, P., GAGNÉ, F., HELLOU, J., 2008. Body burden of contaminants and biological effects in mussels: an integrated approach. *Environment International*. **34**: 254-264.
- YOUNG, G.A., 1985. Byssus-thread formation by the mussel *Mytilus edulis*: effects of environmental factors. *Marine Ecology – Progress Series*. **24**: 261-271.